

Perzeptiv-räumliche Fähigkeiten bei hirngesunden und hirngeschädigten Personen

Abhandlung
zur Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen Fakultät I
der
Universität Zürich

vorgelegt von
MANFRED RODEL
von Fahrwangen AG

Angenommen auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. E. Perret und
Herrn Prof. Dr. F. Stoll

Zürich 1981
Zentralstelle der Studentenschaft

Perzeptiv-räumliche Fähigkeiten bei hirngesunden und hirngeschädigten Personen

Abhandlung
zur Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen Fakultät I
der
Universität Zürich

vorgelegt von
MANFRED RODEL
von Fahrwangen AG

Angenommen auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. E. Perret und
Herrn Prof. Dr. F. Stoll

Zürich 1981
Zentralstelle der Studentenschaft

Fortpflanzungsfähigkeit Vätern bei hängenden und hängendsten Personen

Fortpflanzung

Die Fortpflanzungsfähigkeit
der hängendsten Personen

1911

Die Fortpflanzungsfähigkeit



Die Fortpflanzungsfähigkeit
der hängendsten Personen
von Dr. A. J. J. J. J.

1911-1912

Die Fortpflanzungsfähigkeit

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	1
<u>I THEORETISCHER TEIL</u>	3
1. ASPEKTE DER RAUMWAHRNEHMUNG	3
1.1. Begriffsdefinition	3
1.2. Synergie der Sinnesmodalitäten	5
1.2.1. Zusammenhänge und Beziehungen zwischen visuellen und taktilen Wahrnehmungen	6
1.2.2. Cross-modale Interaktion und Hirnlokalisation	7
1.3. Entwicklungspsychologische Aspekte der Raumwahrnehmung	8
2. FUNKTIONELLE HIRNHEMISPHEREN-ASYMMETRIE	10
2.1. Temporallappen-Differenzen	10
2.2. Fokale versus diffuse Repräsentation	11
2.3. Primäre und sekundäre Hirnfunktionen	12
2.4. Funktionen der rechten Hirnhemisphäre	12
3. KONZEPTE DER RAUMWAHRNEHMUNG IN DER PSYCHOLOGISCHEN UND NEUROPSYCHOLOGISCHEN FORSCHUNG	15
3.1. Der Begriff der visuellen Agnosie	15
3.2. Extrapersonaler und personaler Raum, bzw. exozentrischer und egozentrischer Raum	16
3.3. Dimensionalität des Raumes	17
3.4. Form- und Figuralwahrnehmung	20
3.5. Wahrnehmung von Merkmalen und Ähnlichkeiten	23
3.6. Raumvorstellung	24
3.7. Konstruktiv-praktische Fähigkeiten	27

4. WEITERLEITENDE UEBERLEGUNGEN ZUR UNTERSUCHUNG DER RAUMSINNFUNKTIONEN	30
4.1. Komplexitätsgrad und analytische versus holistische Dekodierung	30
5. ZIEL DER UNTERSUCHUNG UND HYPOTHESEN	33
5.1. Hirntopografische Lokalisation	33
5.2. Funktionelle Lokalisation und Zusammenhänge der einzelnen räumlichen Funktionen	39
5.3. Einfluss der Modalität	41
5.4. Auswirkungen von Gesichtsfeldausfällen	42
5.5. Geschlechtsspezifität räumlicher Fähigkeiten	43
5.6. Bildungsabhängigkeit	43
6. AUFBAU EINER VISUELLEN UND TAKTILEN RAUMTEST-SERIE	45
6.1. Aufgabenauswahl und Kriterien bei bestehenden Ansätzen	45
6.1.1. Schlussfolgerung und zusammenfassende Darstellung der Befunde von De Renzi und Mitarbeiter	53
6.2. Auswahlkriterien bei der eigenen Untersuchung	54
6.2.1. Visuelle und taktile Raumsinn-Funktionen	59
6.2.1.1. Linien-Orientierung	59
6.2.1.2. Formwahrnehmung	61
6.2.1.3. Wahrnehmung von Ähnlichkeit und Teilmerkmalen	67
6.2.1.4. Raumvorstellung	69
6.2.1.5. Räumliche Funktionen und Gedächtnis	72
6.2.1.6. Konstruktiv- oder visuo-praktische Fähigkeiten	74
6.2.1.7. Orientierung am eigenen Körper	76

II EXPERIMENTELLER TEIL	77
7. MATERIAL UND METHODE	77
7.1. Zur Auswertung verwendete statistische Verfahren	77
7.2. Prozedere	78
7.2.1. Instruktionen und Durchführung	78
7.2.2. Untersuchungsdauer	79
7.3. Experimentelle Gruppen	80
7.3.1. Kontrollgruppen	80
7.3.2. Patientengruppen	80
7.3.2.1. Lokalisation und Aetiologie der Hirnläsionen	81
7.3.2.2. Gesichtsfeldausfälle und Aphasien	84
7.3.2.3. Alter der untersuchten Gruppen	85
7.3.2.4. Geschlecht und Bildungsstand der experimentellen Gruppen	87
7.3.2.5. Leistungsvergleich anhand der Kontrolltests	89
7.3.2.5.1. Kurzes Interview	89
7.3.2.5.2. Token-Test	89
7.3.2.5.3. Mehrfachwahl-Wortschatz-Test (MWT)	90
7.3.2.5.4. Zahlennachsprechen (Subtest aus HAWIE)	90
7.3.2.5.5. Corsi-Würfel	91
7.3.2.5.6. Resultate der Kontrolltests	91
7.4. Beschreibung der experimentellen Tests	94
7.4.1. Linien-Orientierung	94
7.4.2. Form- und Musterwahrnehmung	99
7.4.3. Ähnlichkeits-Wahrnehmung	102
7.4.4. Raumvorstellung	104
7.4.5. Visuo-praktische Tests	108
7.4.6. Körperschema-Prüfung	110

8. RESULTATE	111
8.1. Vergleich der Kontrollgruppen mit Läsionsgruppen	111
8.2. Lokalisierbarkeit der geprüften räumlichen Fähigkeiten	112
8.2.1. Linien-Orientierung	112
8.2.2. Formwahrnehmung	116
8.2.3. Ähnlichkeits-Wahrnehmung	118
8.2.4. Raumvorstellung	119
8.2.5. Konstruktiv- oder visuo-praktische Tests	120
8.2.6. Körperschema-Prüfung	122
8.3. Funktionelle Zusammenhänge und Eigenständigkeit der einzelnen räumlichen Funktionsbereiche	123
8.4. Einfluss der Modalität	125
8.5. Faktorenanalytische Ueberprüfung der Variablen	127
8.5.1. A priori postulierte und extrahierte Faktoren	129
8.5.2. Extrahierte Faktoren und inter- sowie intra-hemisphärischer Vergleich	132
8.5.2.1. Vorgehen	133
8.5.2.2. Hemisphären-Vergleich	133
8.5.2.3. Inter- und intra-hemisphärischer Vergleich der einzelnen Hirnlokalisationen	134
8.6. Einfluss von Gesichtsfeldeinschränkungen	134
8.7. Geschlechtsspezifität räumlicher Fähigkeiten	137
8.8. Bildungsgrad und Leistungsniveau in räumlichen Funktionen	138
9. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	141
Anhang	160
Literaturverzeichnis	244

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit wurde in der Neuropsychologischen Abteilung der Neurologischen Universitätsklinik Zürich durchgeführt. Ich danke ganz besonders dem Leiter dieser Abteilung, Herrn Prof. Dr. E. Perret, für seine freundliche Unterstützung und für seine fachliche Beratung während der Planung und Durchführung dieses Projektes. Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. F. Stoll für das Interesse, das er für diese Arbeit bekundete und für seine Unterstützung und sein Entgegenkommen, welches er mir gewährte. Besonderen Dank gilt auch dem Leiter der Neurologischen Klinik, Herrn Prof. Dr. G. Baumgartner und dem Leiter der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsspitals Zürich, Herrn Prof. Dr. G. Yasargil, deren Patienten ich untersuchen durfte, sowie allen Aerzten des Universitätsspitals, die mir behilflich waren, geeignete Patienten für diese Untersuchung zu finden.

Bei den Mitarbeitern der Neuropsychologischen Abteilung möchte ich mich herzlich für ihre Kooperation und Unterstützung bedanken. Vor allem gilt mein Dank Frau Marianne Regard, Herrn Dr. R. Ruff sowie Frau Lisanne Jakobartl, die mir manche Anregung bei der Zusammenstellung des Materials vermittelten. Herrn U. Kocher danke ich für seine grosse Hilfe bei der Auswertung der Arbeit.

Ferner sei besonders den Patienten für ihre freiwillige Teilnahme an der Untersuchung und ihre grosse Geduld gedankt.

Zuletzt aber nicht als Letzter möchte ich meiner Frau, welche mich bei der Gestaltung der Arbeit tatkräftig unterstützte und wesentlich zu deren Fertigstellung beitrug, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Das Projekt wurde finanziell unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds (Gesuche Nr. 6.182-0.76 und Nr. 3.816-0.79 an Herrn Prof. Dr. E. Perret).



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507219_0044

I THEORETISCHER TEIL

1. ASPEKTE DER RAUMWAHRNEHMUNG

Der Begriff der Raumwahrnehmung wird in unterschiedlichem Verständnis verwendet. Newton baute seine Mechanik auf der Annahme eines von den Körpern unabhängigen, realen, leeren Raumes auf, der mit absoluten Eigenschaften versehen ist.

Später wird der Raum als ein Feld mit Führungseigenschaften verstanden. Das Hauptmerkmal einer funktionalen Raumstruktur ist ihre Relativität. Somit haben Orts- und Richtungsangaben in ihrer räumlichen Beziehung stets willkürliche und wählbare Bezugspunkte oder Bezugssysteme.

1.1. Begriffsdefinition

Diese Arbeit befasst sich mit der menschlichen Raumwahrnehmung. Es werden dabei wahrnehmungspsychologische Aspekte in einem phänomenologischen-kognitiven Bezugsrahmen untersucht. Die kleinsten topografierten Einheiten sind entsprechend globale, komplexe, mit physiologischen Messmethoden kaum ausreichend identifizierbare Verhaltensparameter. Der Ort dieser Untersuchung ist im neuropsychologischen Bezugsrahmen lokalisiert, da es sich um wahrnehmungspsychologische Fragestellungen handelt, und diese aufgrund neurologisch-neurochirurgisch objektivierten Hirnläsionen, bzw. Dysfunktionen zu beantworten versucht werden.

Wahrnehmung wird als Prozess der Informationsaufnahme durch Sinnesempfindungen aus Körper- und Umweltreizen verstanden. Bestimmend, was und wie etwas wahrgenommen wird, sind dabei

Erfahrungen, bzw. Lern- und Entwicklungsprozesse, sowie im weiteren Sinne auch Einstellungen und Erwartungen. Gegenstand der Untersuchung sind folglich subjektiv-phänomenologische und kognitive Wahrnehmungsinhalte. Bei der Raumwahrnehmung finden wir zusätzlich den Begriff der Raumorientierung, da von der Annahme einer relativen Körper-Objekt-Zuordnung oder von Objektrelationen ausgegangen wird. Orientierung heisst Einordnung einer Bestimmungsgrösse in ein Bezugssystem. Räumliche Orientierung ist demgemäss die sinn-gerechte Einordnung in ein räumliches Bezugssystem. Wahrnehmungsinhalte werden im Raum entsprechend der eigenen Körperachse oder entsprechend realen oder imaginierten Bezugspunkten lokalisiert. Der Raum an sich besteht nicht als Wahrnehmungsinhalt, sondern entsteht durch wahrnehmungs-psychologische Bezugsverhältnisse, die sich aus realen Erlebnisinhalten und realen- oder abstrakt-imaginierten Phänomenen bilden. Die Fähigkeit zu Raumorientierung ist die Fähigkeit des richtigen Zu- und Einordnens und in Bezug-setzens und Bewegens von realen oder imaginierten Konfigurationen untereinander oder zum eigenen Körper oder auch des eigenen Körpers oder Körperteilen. Nach Bischof (1966) ist es bei der Analyse der menschlichen Raumorientierung zweck-dienlich, die Erscheinungsformen orientierten Verhaltens von denen orientierten Erlebens begriffsmässig zu trennen.

Er gibt folgende Definitionen:

- (1) "Als Leistungen der motorischen Raumorientierung sollen alle Verhaltensweisen bezeichnet werden, die dem Körper oder seinen Gliedern eine sinnngemässe Position, Ausrichtung oder Bewegung relativ zu irgendwelchen Bezugsgrössen im physika-lischen Raum erteilen oder erhalten." Hierzu werden die Lei-stungen des Sichzurechtfindens im Strassensystem, bei Tieren das Finden der Futterplätze und Nestplätze, die Leistungen des Zielens und Treffens bei langen Wanderungen von Zug-vögel, oder beim Hintasten oder Hinzeigen und schliesslich die Leistungen der Haltungskontrolle im Schwerefeld gezählt. Die-se Fähigkeiten sind Leistungen der motorischen Raumorientierung.

(2) "Vertauscht man den verhaltensanalytischen mit dem wahrnehmungs-psychologischen Aspekt, so trifft man auf die Leistungen der perzeptiven Raumorientierung; als solche bezeichnen wir alle Organisationsvorgänge im phänomenalen Feld, die zu einer sinngemässen Einordnung des Wahrgenommenen und Vergegenwärtigten - einschliesslich des erlebten eigenen Körpers und seiner Glieder - im phänomenal-räumlichen Bezugssystem führen." (Zitiert nach Bischof, S. 307 bis 308, 1966.)

Es muss allerdings erwähnt werden, dass die motorische und die perzeptive Raumorientierung nicht unabhängig voneinander sind, da die Ordnung des erlebten Raumes durch die Systeme der motorischen Raumorientierung begründet wird (Piaget 1947).

1.2. Synergie der Sinnesmodalitäten

Die Genese der räumlichen Wahrnehmung sowie die Verarbeitung räumlicher Eindrücke geschieht synergetisch, d.h. durch das Zusammenwirken verschiedener Sinnesmodalitäten. Die Theorie der Synergie geht jedoch nicht von einer Gleichheit der Sinnesmodalitäten in Bezug auf Leistungen des Raumverständnisses aus, sondern nimmt qualitative Unterschiede bezüglich des Zusammenwirkens verschiedener Sinnesmodalitäten an. Die Raumwahrnehmung wird häufig nur als visuelle Wahrnehmung des Raumes verstanden, weil die visuellen Erfahrungen bei der menschlichen Raumwahrnehmung nach Entwicklungsabschluss die wichtigsten sind. Zugleich dienen auch haptische und auditive Erfahrungen zur Bildung des Raumeindrucks oder können sogar in Ausnahmefällen (Blindgeborene) das visuelle Raumverständnis ersetzen (Bach-y-Rita 1972; Collins 1971).

In der vorliegenden Arbeit interessieren vor allem die visuellen und taktilen Sinneseindrücke. Auf den Raum bezogen, ist die visuelle Wahrnehmung an die Zuwendung der Augen gebunden und kann gleichzeitig nur die im visuellen Gesichtsfeld liegenden Objekte und Verhältnisse erfassen. Die taktile räum-

liche Wahrnehmung ist indessen eingeschränkt auf den sogenannten Greifraum, d.h. auf Objekte und Relationen, die sich in Körperrnähe befinden. Der Fernraum kann taktil nicht erfasst werden. Nachfolgend werden insbesondere die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen visuellen und taktilen Wahrnehmungen dargestellt.

1.2.1. Zusammenhänge und Beziehungen zwischen visuellen und taktilen Wahrnehmungen

Die Experimente von Crewdson und Zangwill (1940) heben die Bedeutung des Sehraums für das Tasten hervor. Dies kann in Form unmittelbarer Visualisierung des Ertasteten oder auch in Form eines Niederschlages visueller Kontrollerfahrungen in neuerlichen Tastungen stattfinden. Nach Bartley (1953) spielen visuelle Vorstellungen in der taktilen Grössenwahrnehmung eine entscheidende Rolle. Es gibt dabei zwei unterschiedliche Visualisierungsprozesse. Eine intellektualisierende Visualisation, bei der der Objektivationsprozess dominiert, indem visualisierte Formen als Formmerkmale zu Begriffen weiter operationalisiert werden, bis aus dem Wissen heraus der Gegenstand erinnert wird. Im anderen Falle wird die Wahrnehmungsaufgabe nicht zu einer solchen Denkaufgabe entwickelt, sondern der Gegenstand wird ohne vorausgehende Annahmen mit fortschreitender Anschauung ausgefüllt. Neben der Visualisation ist ein visuell-taktiler Zusammenhang durch die visuelle Einstellung gegeben. Schliesslich kann die Zusammenarbeit zwischen der visuellen und taktilen Modalität zu entsprechenden, sich ergänzenden oder auch zu gegenläufigen Ergebnissen führen (Synästhesie). Der optische Raum ist im Auge und der taktile im Mund oder in den Extremitäten zentriert. Die Tastart hat auf den taktilen Eindruck einen wesentlichen Einfluss, denn sie bestimmt, ob und in welchem Ausmass Visualisation mitspielt. Es gibt die taktil-simultane und die sukzessive Erfassung und statisches und dynamisches Vorgehen beim Abtasten, Gleiten, Streifen und Greifen. Obwohl Formwahrnehmung taktil meist durch sukzessi-

ves Abtasten erfolgt, ist das Erfassen von kleinen Formen in der Handfläche und auf den Fingerkuppen auch simultan möglich (Hatwell 1960).

1.2.2. Cross-modale Interaktion und Hirnlokalisation

Die Studien von Butters und Brody (1968) und Butters, Barton und Brody (1970) versuchten die Beziehung zwischen cross-modaler Vermittlung und Hirnlokalisation zu klären.

Butters und Brody (1968) verwendeten bei linkshemisphärisch geschädigten Patienten intra-modale und inter-modale Tests und fanden, dass die parietal geschädigten Patienten im Vergleich zu Patienten mit frontalen oder temporalen Läsionen in allen inter-modalen Aufgaben Leistungsdefizite aufwiesen, die unabhängig von Ausfällen bei intra-modalen Aufgaben waren. Die Autoren interpretierten diese Befunde im Sinne von Geschwinds Hypothese (1965). Diese besagt, dass die Region des Gyrus angularis (posterior parietale Aerea) der linken Hemisphäre eine Vermittlungsfunktion bei der cross-modalen Verknüpfung innehat.

In der Studie von Butters, Barton und Brody (1970) wurden Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen mit intra-modalen, inter-modalen und mit Raumvorstellungstests untersucht. Alle Patienten mit schweren parietalen Läsionen zeigten sowohl bei intra-modalen (taktil-taktilen), bei inter-modalen (auditiv-visuellen) und bei den Raumvorstellungsaufgaben ein Defizit, während die Patienten mit leichten parietalen Läsionen normale Leistung vollbrachten. Das Defizit in den auditiv-visuellen Aufgaben wurde in einer Dekodierungsschwäche für auditive Stimuli vermutet und in einer cross-modalen Assoziationsschwäche, weil diese rechts parietal geschädigten Patienten im Gegensatz zu den Patienten von Butters und Brody (1968) keine Leseschwäche zeigten. Butters, Barton und Brody (1970) konnten die Hypothese von Geschwind (1965) und die Befunde von Butters und Brody (1968) ebenfalls bestätigen.

1.3. Entwicklungspsychologische Aspekte der Raumwahrnehmung

Die Raumwahrnehmung besteht bereits bei niederen Tiergattungen. Der Ortssinn und die Orientierung im Raum ist im Gegenteil bei Tieren wesentlich besser ausgeprägt als beim Menschen. Es sei hier auf die Zugvögel verwiesen, die nach hunderten von Kilometern Fluges wieder an den gleichen Ort zurückfinden. Ueber das Zustandekommen von solchen Orientierungsprogrammen bei Tieren haben die Experimente von von Holst (1950) Aufklärung gebracht.

Beim Menschen beherrscht jedoch die relative egozentrische Lokalisation die Raumwahrnehmung. Jeder geht von sich als dem Zentrum aus und ordnet die Gegenstände im Raum und ebenfalls das eigene Körperbild ausschliesslich nach dem Gesichtspunkt der egozentrischen Lokalisation (Rohracher 1964).

Kinderpsychologische Untersuchungen haben ergeben, dass ungefähr nach dem 2. Lebensjahr das Tiefensehen und die Vordergrund-Hintergrund-Bildung abgeschlossen sind. Nach Bühler (1918) wird zuerst der Mundraum, der sogenannte Urraum, wahrgenommen. Nach einigen Wochen greift das Kleinkind nach Gegenständen, womit sich der sogenannte Greif- oder Nahraum entwickelt. Erst nachher erfolgen willkürliche Blickbewegungen und optisches Fixieren von Gegenständen, woraus sich der optische Raum entwickelt.

Die umfassendste Theorie räumlicher Begriffe haben Piaget und Inhelder u.a. (1947) und Piaget, Inhelder und Szeminska (1948) aufgestellt. Sie unterschieden zwischen perzeptuellem Raum (Wahrnehmungsebene) und intellektuellem Raum (Vorstellungsebene), analog zur Differenzierung zwischen Perzeption und Intelligenz. Der intellektuelle, also vorgestellte, Raum wird von Piaget und Inhelder in den sensomotorischen und repräsentationalen Raum unterteilt. Räumliche Vorstellungen werden auf der Grundlage sensomotorischer Aktionen des Kindes aufgebaut. Der sensomotorische Raum entwickelt sich im

ersten und zweiten Lebensjahr aus der praktischen Erfahrung des Raumes, die auf den Aktionen des Kindes beruht. Die Grenzen der reinen Perzeption werden überschritten, wenn der sensomotorische Raum bereits auf operativen Aspekten des Wissens um die Räumlichkeit fusst. Der Raum wird aber vermutlich noch nicht verbal rekonstruiert, da die notwendigen symbolischen Funktionen noch fehlen. Erst mit zwei bis drei Jahren beginnt sich der repräsentationale Raum im Kinde zu entwickeln zusammen mit dem Aufbau der nötigen symbolischen Funktion. So wird die Fähigkeit erlangt, nicht nur mit physisch realen Objekten, sondern auch mit mental repräsentierten Objekten umzugehen. Bis sieben Jahre folgt anschliessend das präoperationale Stadium, welches durch die Internalisierung räumlicher Schemata gekennzeichnet ist. Mit ca. sieben bis acht Jahren wird die operationale Stufe in der Entwicklung des räumlichen Denkens erreicht. Die internalisierten Aktionen werden mobil und reversibel, transformierbar in erst konkrete und immer mehr auch in von realen Aktionen entferntere Operationen. Die räumlichen Operationen, die nach Piaget und Inhelder (1947) im Laufe der Entwicklung aufgebaut werden müssen, sind in ihrer Reihenfolge nach der topologische, projektive und der euklidische (metrische) Raum.

2. FUNKTIONELLE HIRNHEMISPHEREN-ASYMMETRIE

Bevor zu den visuell- und taktil-räumlichen Funktionsbereichen übergegangen wird, ist es notwendig auch die Problematik der funktionellen Hirnhemisphären-Asymmetrie einzubeziehen, die durch die ganze neuropsychologische Forschung einen wesentlichen Diskussionspunkt darstellt. Die bestehende Literatur über diesen Problemkreis ist kaum überschaubar, und insbesondere in Bezug auf die heutigen Kenntnisse der Komplexität der funktionalen Spezialisierung scheinen die vielen Versuche zur Erklärung von differenziertesten Arbeitsteilungen zwischen den Hirnhemisphären nicht immer sinnvoll. Es sollen daher in diesem Rahmen nur die Arbeiten von Geschwind und Levitsky (1968), Semmes (1968) und Leischner (1963) angeführt werden.

2.1. Temporallappen-Differenzen

Die Untersuchung von Geschwind und Levitsky (1968) in Bezug auf die anatomischen Unterschiede der beiden Temporallappen wiesen Grössen- und Längenunterschiede des Planum temporale zugunsten der linken Seite nach. Diese gefundenen Differenzen wurden als mögliche Erklärung für die funktionelle Dominanz der linken Hemisphäre im Sprachbereich angesehen und auch als Grundlage einer funktionalen Hemisphärenspezialisierung betrachtet. Wada (1969) konnte nachweisen, dass vergleichbare Hemisphärenunterschiede in Bezug auf die von Geschwind und Levitsky untersuchte Region bereits zum Zeitpunkt der Geburt bestehen. Bisher konnte jedoch diese anatomisch fundierte Hypothese hinsichtlich ihrer Erklärung einer funktionalen Asymmetrie nicht verifiziert werden.

2.2. Fokale versus diffuse Repräsentation

Auf der Frage der Zuordnung von unterschiedlichen Funktionen zu neuronalen Substraten basierend, entwickelte Semmes (1968) die Theorie der unterschiedlichen (fokalen versus diffusen) Repräsentation von elementaren psychischen Funktionen in den beiden Hirnhälften. Sie ging davon aus, dass spezifische elementare Funktionen zwar in beiden Hemisphären repräsentiert seien, wobei jedoch in der linken Hemisphäre eine fokale Organisation bestünde gegenüber einer diffusen Repräsentation in der rechten Hemisphäre. Zusätzlich soll die fokale Repräsentation von elementaren Funktionen in der linken Hemisphäre die Integration von einander ähnlichen Funktionen erleichtern (Sprachmotorik - Schreiben), während die diffuse Repräsentation elementarer Funktionen in der rechten Hemisphäre die Integration von sehr unterschiedlichen, hetero-modalen Funktionen erleichtere. Dies trifft zum Beispiel für die Integration von multi-modalen, visuellen, akustischen, kinästhetischen und vestibulären Funktionen bei räumlichen Wahrnehmungs- und Orientierungsprozessen zu. Semmes führte in ihrer Theorie weiter aus, dass aus erwähnten Gründen in der fokal organisierten Hemisphäre auch minimale Schädigungen bei entsprechender Lokalisation bereits Funktionsausfälle zeitigen würden, während in der diffus organisierten Hemisphäre eine vergleichbare minimale Schädigung keine nennenswerte Wirkung habe. So wurde bei elementaren Funktionen und bei begrenzter Schädigung aufgrund der klinischen Ausfälle die fokal organisierte Hemisphäre als dominant angesehen. Dagegen wurde bei Betrachtung von komplexen Verhaltensfunktionen, die eine Integration verschiedener, von einander unabhängiger Funktionen verlangen, die diffus organisierte Hemisphäre als dominant angesehen. Diese Theorie gibt sinnvolle Bezüge zwischen strukturellen und funktionellen Zusammenhängen, kann aber keineswegs als verifiziert betrachtet werden. Die Annahmen von Semmes stimmen aber doch mit einer Vielzahl empirischer Ergebnisse überein.

2.3. Primäre und sekundäre Hirnfunktionen

Leischner (1963) unterschied zwischen primären und sekundären Hirnfunktionen. Primäre Hirnfunktionen (Motorik, Sensibilität, optisches und akustisches System) haben eigene Ausführungsorgane und eigene cytoarchitektonisch-typische Rindenstrukturen, damit auch klar umschriebene Lokalisationen und eine autochtone Genese. Sekundäre Hirnfunktionen haben keine primär für sie bestimmte Ausführungsorgane und keine eigenen cytoarchitektonischen Hirnrindenstrukturen und folglich keine scharf umschriebene Lokalisation in einzelnen Windungen und werden durch äussere Einflüsse geprägt. Die primären Hirnfunktionen sind lokalisiert, während die sekundären Hirnfunktionen lokalisatorisch dem "Kann-Gesetz" unterliegen und somit auch der Dominanz. Leischners Erklärungsversuch zur funktionalen Hemisphärendifferenzierung ist insofern erwähnenswert, als er lokalisatorische und ontogenetische Aspekte einschloss und elementare und komplexeste Funktionsbereiche differenzierte.

2.4. Funktionen der rechten Hirnhemisphäre

Nach diesem theoretischen Exkurs folgt eine Darstellung von Untersuchungsergebnissen rechtshemisphärischer Funktionen. Die Rolle der rechten Hemisphäre bei der visuellen Wahrnehmung besonders von räumlicher und komplexer Natur ohne Beachtung des visuellen Feldes kann als gesichert angenommen werden. Ein Beispiel für die Untersuchungen, die diese Tatsache unterstützen, ist dasjenige von Fogen (1969 a + b). Es wurden acht rechtshändige Erwachsene untersucht, deren rechte und linke Hemisphäre durch eine Kommissurotomie getrennt waren. Unter diesen Split-Brain-Bedingungen zeichnete die linke Hand Muster und Figuren besser ab als die rechte, schrieb aber nur sehr schlecht.

Die rechte Hemisphäre spielt auch bei auditorischer Wahrnehmung eine Rolle. In Untersuchungen an Menschen mit dem Sprachzentrum in der linken Hemisphäre fand Milner (1962), dass der rechte Temporallappen eine besondere Rolle bei nicht verbalen auditorischen Aufgaben spielt, und dass der linke Temporallappen eine Hilfsrolle bei der Ausführung dieser Funktionen einnimmt. Zudem ist die rechte Hemisphäre als Ort der musikalischen Fähigkeiten, insbesondere der Diskrimination von Tonmustern und -eigenschaften bekannt (Bogen 1969 b, Kimura 1967).

Die Information über die Seitenunterschiede, die auf der Beobachtung von hirngeschädigten Erwachsenen beruht, muss allerdings vorsichtig interpretiert werden. Teuber (1969) fand, dass unilaterale Läsionen kontralaterale oder bilaterale Konsequenzen haben können, oder dass es paradoxe Wirkungen gibt, die keine Summation jener Effekte repräsentieren, die nach einer der Komponenten unilateraler Läsionen erwartet würden. Seitenunterschiede sind noch komplizierter, wenn die neurale Disfunktion bereits früh im Leben beginnt und sie dem plastischen Gehirn ermöglicht, sich anders zu reorganisieren als ein Gehirn, das einer normalen Ontogenese unterlag.

Andere Untersuchungen (Bogen 1969 a, McFie 1970 und Semmes 1968) liessen stark vermuten, dass, obwohl die rechte Hirnhemisphäre mit der Raumwahrnehmung zu tun hat, diese Art der Wahrnehmung eine Funktion einer mehr generellen hemisphärischen Kapazität ist, und zwar zur Integration der Daten aus verschiedenen Sinnen und verschiedenen Quellen. Diese Fähigkeit ermöglicht dem Individuum nicht nur die Interpretation und Bezugssetzung der Wahrnehmungen mit der externalen Welt (McFie 1970), sondern auch die Organisation komplexen Verhaltens auf der Basis der Integration zweier oder mehrerer Faktoren (Semmes 1968) sowie die Zusammenstellung, den Vergleich und die Gegenüberstellung von Daten mit vorausgegangenen Daten (Bogen 1969 a).

Es ist im weiteren eine gute Kommunikation zwischen den Hirnhemisphären für ein optimal funktionierendes Gehirn unerlässlich. Eines der am besten erkannten Bedürfnisse für die transkallosale interhemisphärische Kommunikation ist das, was die beiden Hälften des visuellen Feldes vereinigt. Bezüglich dieser Art der inter-hemisphärischen Integration kann auf den Vorschlag von Mishkin (1962) zurückgegriffen werden. Indem dieser Autor annahm, dass die visuellen Mechanismen der beiden Hemisphären integriert sind, und dass der rechte Temporallappen bei Menschen über den linken hinsichtlich der visuellen Funktion dominiert, legte er nahe, dass es eine asymmetrische Entwicklung der transkallosalen Strukturen gegeben haben muss mit einer Betonung der Bahn vom linken visuellen Kortex zum rechten temporalen Kortex. Diese Anordnung würde es dem rechten Temporallappen ermöglichen, die Aktivität beider visuellen Rindenfelder zu integrieren und über den linken Temporallappen für visuelle Funktionen dominant zu sein.

3. KONZEPTE DER RAUMWAHRNEHMUNG IN DER PSYCHOLOGISCHEN UND NEUROPSYCHOLOGISCHEN FORSCHUNG

3.1. Der Begriff der visuellen Agnosie

Einen Ueberblick zum Verständnis der Agnosie geben die Arbeiten von Critchley (1966) und Gloning et al. (1968). Die visuelle Agnosie wurde als ein Sehen ohne das Wahrgenommene zu erkennen und zu klassifizieren definiert. Es wird zwischen Objektagnosie, Farbagnosie, Simultanagnosie (zwei Objekte können nicht simultan wahrgenommen werden) und Prosopagnosie (Gesichter werden mangelhaft erkannt) differenziert (siehe auch Frederiks 1969). Es wurden auch noch andere Unterteilungen vorgenommen und verschiedene Agnosie-syndrome in der Literatur beschrieben (Luria 1959; Hécaen et al. 1974; Kinsbourne und Warrington 1962).

Brown (1972) behielt die Unterscheidung Lissauers (1889) zwischen apperzeptiver und assoziativer Agnosie bei. Geschwind (1965) betonte, dass Patienten mit assoziativer Agnosie nicht nur beim Benennen von Gegenständen scheitern, sondern diese Gegenstände auch mit Hilfe der Benennung nicht identifizieren können. Figuren können bei assoziativer Agnosie abgezeichnet oder beschrieben werden (Rubens und Benson 1971), während bei apperzeptiver Agnosie diese Fähigkeit verloren geht. Anatomische und pathologische Untersuchungen zeigten bei assoziativer Agnosie eine links posteriore Läsion, während die apperzeptive Agnosie auf einer bilateralen Läsion des visuellen Kortex beruhte. Benson und Greenberg (1969) beschrieben einen Fall von isolierter Formdiskriminations-Störung, bei der Farbe, Grösse, Intensität und Richtung sowie Distanz von Objekten noch wahrgenommen werden konnte, während einfache Formen wie Dreieck und Quadrat verwechselt wurden.

Der Begriff der visuellen Agnosie deckt allerdings kaum das ganze Spektrum an perzeptiven Störungen ab, die bei Hirngeschädigten vorkommen. Mit einer Serie von visuellen Tests wies Ettlinger (1956) nach, dass häufig visuell-räumliche Defizite bei Hirngeschädigten ohne die beschriebenen Agnosiesyndrome vorkommen. Dies bestätigte, dass der Begriff der visuellen Agnosie den Bereich der möglichen perzeptiven Störungen nicht abdeckt. Daher wird dieser Begriff in der vorliegenden Arbeit vermieden, weil er einerseits zu wenig scharf abgegrenzt ist, und andererseits mit nachfolgenden Konzepten Ueberschneidungen bestehen. Die eher historische Relevanz des Agnosiebegriffs in der neuropsychologischen Forschung sei aber nochmals betont.

3.2. Extrapersonaler und personaler Raum, bzw. exozentrischer und egozentrischer Raum

Nach Bühler (1918) wird in der Darstellung der Raumwahrnehmungsentwicklung von einem Aussenraum und einem Innenraum gesprochen. Der Aussenraum, der vom Nahraum und optischen Raum über die Entwicklung des Fernraumes erschlossen wird, ist bereits in frühem kindlichen Alter entwickelt, während die Entwicklung des Innenraumes oder auch des Körperschemas länger dauert. Mit drei Jahren ist zum Beispiel das Kind noch nicht in der Lage, rechts und links am eigenen Körper oder an einem Gegenstand zu unterscheiden. Aus Zeichnungen, die den Einbezug des eigenen Körpers beinhalten, geht nach Bühler hervor, dass diese Entwicklung erst mit ca. zwölf Jahren abgeschlossen ist.

Bischof (1966) spricht von exozentrischen und egozentrischen Aspekten der räumlichen Wahrnehmung. Der exozentrische Aspekt bezieht sich auf Wahrnehmungen, bei denen der Ort der Wahrnehmungsobjekte ausserhalb des eigenen Körpers liegt. In diesem Falle wird unser Körper ebenfalls innerhalb dieser wahrgenommenen Umgebung lokalisiert. Beim egozentrischen Wahrnehmen wird ausser der retinalen Position

des Abbildes auch noch die Stellung der Augen relativ zum Kopf bzw. Körper mitberücksichtigt. Folglich wird die wahrgenommene Umwelt in einem Schema von Kopf- bzw. Körperkoordinaten eingeordnet, die durch die Körperachse repräsentiert werden.

Semmes et al. (1963) sprechen in diesem Zusammenhang vom extrapersonalen und personalen Raum. Diese Unterscheidung wird auf dem Hintergrund der neuropsychologischen Fragestellung gemacht, ob sich innerhalb der verschiedensten räumlich-perzeptiven Fähigkeiten zwischen extrapersonalen und personalen Wahrnehmungen grundsätzlich unterschiedliche neurale Korrelate zuordnen lassen. Die Ergebnisse der Untersuchung des personbezogenen Körperschemas und der extrapersonalen Raumorientierung (Umfeld) zeigten, dass bei posterioren Läsionen der linken Hemisphäre beide Aspekte betroffen sind, während links anteriore Läsionen vorallem das Körperschema stören, nicht aber die extrapersonale Orientierung. Bei rechtsseitigen Läsionen ist vorallem die extrapersonale Raumwahrnehmung gestört, dies besonders bei rechts posterioren Läsionen.

Es ist jedoch noch nicht geklärt, ob es wirklich zwei Formen von Raumorientierung, extrapersonale und personale, gibt, oder ob diese Symptome eher verschiedene Aspekte derselben Grundfunktion darstellen. Es ist auch ersichtlich, dass diese Symptome an eine spezielle Untersuchungsmethode gebunden sind und eine spezielle Manifestation einer breiteren neuropsychologischen Leistungsstörung sind. So muss eine Eigenständigkeit der Körperschema-Störung angezweifelt werden.

3.3. Dimensionalität des Raumes

Der evidente Raum ist dreidimensional. Es gehört zu seinem Wesen, dass genau drei zueinander orthogonale Richtungen in ihm möglich sind. Von diesen ist allerdings nur eine,

nämlich die Vertikale anschaulich absolut vorgegeben und dazu die durch die Erdscheibe repräsentierte Horizontalebene. Hauptrichtungen innerhalb der letzteren hingegen sind in der Regel mit allerdings verschieden gradiger Evidenz auf Teilsysteme bezogen. So gibt es für den Wahrnehmenden neben oben und unten in der Regel ausgehend vom eigenen Körper eine linke und rechte Seite, sowie vorne und hinten. Das Konstrukt der Dreidimensionalität geht von der Körperachse aus und bedingt für die direkte, nicht vorstellungsmässige Wahrnehmung der phänomenalen Welt die Fähigkeit des Tiefensehens, welches durch das binokulare Sehen und andere Mechanismen ermöglicht wird.

Ursprünglich wurde der Vestibularapparat ausdrücklich als reines Reflexorgan bezeichnet (Rein-Schneider 1956), das nur bei unphysiologisch starker Reizung oder nur mittelbar durch seinen Einfluss auf die Blickmotorik oder auf den Tonus der Körpermuskulatur die Wahrnehmung beeinflusst. Nach Bischof (1966) werden jedoch direkte Einflüsse des Vestibularapparates auf die Wahrnehmung angenommen. Dies nicht in Form einer qualitativen Anleitung der phänomenalen Welt, sondern in Form einer Kontrolle phänomenal-räumlicher Bezugssysteme. Der Statolithenapparat nimmt gemeinsam mit dem Auge durch die Kontrolle des absoluten Raumsystems oder seiner Hauptrichtung der Vertikalen Einfluss auf das Wahrnehmungsgeschehen. In diesem Zusammenhang sind das Aubert-Phänomen und das Müller-Phänomen erwähnt. Wenn eine Versuchsperson im Dunkelkammerversuch die Aufgabe bekommt, eine seitlich schwenkbare Leuchtlinie vertikal einzustellen, so gelingt dies in aufrechter Haltung gut. Wird hingegen der Kopf allein oder der ganze Körper zur Seite geneigt, so treten systematische Abweichungen auf. Bei starker Kippung sind diese Abweichungen gleichsinnig mit dieser und bei schwächerer Kippung häufig auch gegen-sinnig zur Kippung.

Teuber und Mishkin (1954) prüften das Aubert-Phänomen bei Patienten mit lokalisierten Hirnläsionen. Sie beschrieben bezüglich frontal und parieto-okzipital Geschädigten folgende Befunde. Frontale Patienten zeigten grosse Schwierigkeiten bei der vertikalen Schätzung, wenn der Kopf und Körper gekippt waren (Visuell-Lagesinn-Bedingung), während parieto-okzipitale Läsionen nur geringe Schwierigkeiten verursachten. Andererseits waren die Schätzleistungen bei dieser letzten Gruppe in einer Visuell-Visuellen-Experimentalbedingung stark reduziert. Bei diesem Versuch musste ein schwarzer Stab auf einem visuell interferierenden Hintergrund in die geschätzte Vertikale gebracht werden. Bei den einfachen Aufgaben, in denen ein Stab (visuelles Experiment) oder der eigene Stuhl (Lage-Experiment) in die Vertikale gebracht werden musste, ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der beiden Patientengruppen.

Die Experimente von Asch und Witkin (1948) und Witkin und Asch (1948) trugen ebenfalls zu den Erkenntnissen bei, wie sehr die Wahrnehmung der Vertikalen von visuellen und Lagesinn-Eindrücken abhängig ist. Bei Darbietung eines gekippten visuellen Bildes und aufrechter Lage wurde die Vertikale signifikant häufiger dem visuellen Eindruck angeglichen, was eine Dominanz des visuellen Eindrucks über den Lagesinn bedeutete. Wenn visuelles Umfeld und Körper gekippt waren, wurde die Vertikale signifikant häufiger in der Achsenrichtung des gekippten Feldes geschätzt. Bei Abwesenheit einer visuellen Wahrnehmung wurde die Vertikale am genauesten bei aufrechter Körperlage geschätzt, und der Schätzfehler nahm mit dem Grad der Kippung gegen die Horizontale hin zu. Allerdings waren mehrere nacheinanderfolgende Vertikalenschätzungen bei gleicher gekippter Körperlage variabel, d.h. nicht konstant. Bei kleiner Kippung von der Vertikalen ging der Schätzfehler in Gegenrichtung zur Körperlage und bei starker Kippung in Richtung der Körperlage. Wenn der visuelle Bezugsrahmen und die Körperstellung gekippt wurden, traten Fehler bei der Schätzung der Verti-

kalen auf, die jedoch individuell sehr verschieden waren. Es wurde nur festgehalten, dass das visuelle Umfeld die Wahrnehmung der Vertikalen umso stärker beeinflusst, je besser dieses bestimmt war.

Die Experimente über Richtungs-Wahrnehmungen beruhen in der vorliegenden Arbeit nur auf der visuellen und taktilen Modalität ohne Einbezug der Lagewahrnehmung. Die Vertikalen- und Horizontalenvorstellung spielt aber als hypothetisches Konstrukt, d.h. als Richtgrösse bei der Schätzung von Linienrichtungen eine entscheidende Rolle. Das Koordinatensystem als Raster für die Schätzung der Richtung von Linien ist einerseits durch die Körperachse und andererseits durch das im gegenständlichen Raum imaginierte Verständnis von Vertikal und Horizontal definiert.

3.4. Form- und Figuralwahrnehmung

In der Wahrnehmungspsychologie herrscht eine grundlegende Differenz zweier Auffassungen, die als empiristisch und nativistisch bezeichnet werden. Nach der ersten Auffassung werden die Aussenweltreize aufgrund von Erfahrungen miteinander assoziiert. Es wird damit die leichte Erfassung bestimmter, häufig auftretender Reizkonfigurationen erklärt. Nach der nativistischen Auffassung führen bestimmte Reizbedingungen in ihrer Ganzheit, aufgrund der angeborenen Funktionsweise unseres Wahrnehmungsapparates, zu einer einheitlichen Erfassung. Dabei sind bestimmte Reizkonfigurationen, wie gerade Linien, rechter Winkel, Kreis, Quadrat u.a. besonders bevorzugt. In der Gestalttheorie und ihren Gesetzen fand diese Auffassung ihren deutlichsten Ausdruck.

Das Problem der visuellen Muster- und Figurenwahrnehmung wurde in der Wahrnehmungspsychologie in verschiedenen Variationen untersucht. Die Gestaltpsychologie bietet dazu verschiedene Lösungsvorschläge an, worunter die beiden

theoretischen Hauptansätze die Schablonentheorie und die Merkmalsanalyse sind (Neisser 1974).

Die Merkmalsanalyse besagt, dass es eines Klassifizierungsmechanismus bedarf, damit ein Zeichen oder eine Figur als solche erkannt wird, auch wenn sie in ganz verschiedenem Kontext und an verschiedenem Ort in Erscheinung tritt. Hier haben die Behavioristen von Stimulusgeneralisation gesprochen, während die Gestaltpsychologen dies als Problem des Kontakts zwischen Wahrnehmungsprozess und Gedächtnisspur bezeichneten. Es handelt sich in beiden Fällen um eine Abstraktion von Einzelheiten, oder mit anderen Worten um Kategorisierungsprozesse. Muster- und Figurenerkennung ist immer eine Kategorisierung, wenn man annehmen darf, dass verschiedene Inputs zu einem einzigen Output führen. Es gibt aber vermutlich analoge und kategoriale Kognitionsstadien.

Die Schablonentheorie besagt, dass eine Figur dadurch identifiziert wird, dass sie mit einem Grundmodell im besten Falle zusammenfällt (analog ist) oder eine mehr oder weniger gute Übereinstimmung (nach bestimmten Kategorien) hat. In Anbetracht dessen, dass eine Gestalt trotz Grössenveränderung, Positionsveränderung und Rotationen wieder erkannt wird, weist diese Theorie Unzulänglichkeiten in ihren Erklärungsprinzipien auf.

In Weiterentwicklung und Abänderung dieser Theorie ging Hebb (1961) davon aus, dass Muster oder Figuren aufgrund ihrer Attribute identifiziert werden (Teil-Theorie). Diese Teile können Linien, Winkel oder auch komplexere Eigenschaften sein. In der Merkmals-Theorie dagegen werden Attribute eher im Sinne von Kennzeichen der ganzen Gestalt verstanden, zum Beispiel Wölbung, Horizontalität etc.

Wenn relativ einfache Figuren mit grossem Bekanntheitsgrad (Dreieck, Viereck, Trapez, Kreis, Ellipse etc.) wahrgenommen werden müssen, so kann angenommen werden, dass diese Figuren aufgrund eines oder weniger Merkmale identifiziert

werden. Bei einer Mehrzahl von Figuren müssen diese zuallererst voneinander differenziert, bevor sie identifiziert werden. Wenn zusätzlich Ueberschneidungen einzelner Figuren vorkommen, muss erkannt werden, was zu welcher Figur gehört, oder es müssen Figuren vom Hintergrund differenziert werden. Zusätzlich kommt das Problem der Rotation hinzu, da offensichtlich Figuren als identisch erfasst werden, auch wenn sie in ihrer Lage verändert oder um die eigene Achse rotiert sind.

Kinder konnten rotierte Figuren nur schlecht identifizieren (Ghent und Bernstein 1961). Dies wurde damit erklärt, dass erst Erwachsene zu einer aktiven Kompensation der Rotation fähig sind.

Eine rotierte Figur zu erkennen, kann aber nicht nur durch aktive Kompensation der Rotation zustande kommen, sondern auch durch die Unterscheidung zwischen zwei Orientierungen der Gestalt. Viele Eigenschaften einer Gestalt bleiben erhalten, auch wenn sie irgendwie im Raume gedreht wird. So kann eine Figur spitzig, geschlossen, rund oder in anderen Attributen erhalten bleiben, weshalb das Erkennen von Gestalten Indifferenz gegenüber der Rotation zeigt, wenn es auf dem Vorhandensein kritischer Eigenschaften beruht (Rock 1973).

Bei visuellem Vergleich von relativ komplexen Formen und Mustern kann von der Merkmals- oder Teilmerkmals-Theorie ausgehend angenommen werden, dass die Prägnanz die Treffsicherheit bestimmt, wobei wenig komplexe Figuren meist bessere Prägnanz haben, d.h. einfacher in ihrer Gestalt sind, weniger Teilmerkmale haben und in ihrer Ganzheit schneller erfasst werden können. In diesem Zusammenhang muss auch der visuelle Suchprozess erwähnt werden, da es sich häufig nicht bloss um das Erfassen einzelner Figuren handelt, oder die Figuren so ausgedehnt sind, dass Absuchprozesse notwendig werden (Augen- und Kopfbewegungen). Der visuelle Suchprozess stellt somit eine weitere wichtige

Unterfunktion des Wahrnehmungsaktes dar. Nach Neisser (1974) dauert multiples Suchen nach mehreren Zielstimuli nicht länger als einfaches Suchen, bei dem einzelne Zielstimuli gefragt sind, vorausgesetzt, dass die Versuchsperson genügend geübt ist. Sind ganz bestimmte Figurvergleiche erforderlich, wird das Finden und Einhalten gewisser Strategien notwendig.

3.5. Wahrnehmung von Merkmalen und Ähnlichkeiten

Entwicklungspsychologische Studien (Piaget et al. 1947 und 1948) zeigten, dass im Alter von drei Jahren geometrische Kriterien ausschlaggebend waren, wenn Kinder Formen und Figuren erfassen mussten. Nach Piaget et al. entstehen in der Entwicklung geometrisch-räumlicher Beziehungen zuerst die Vorstellung der Topologie und erst nachher das euklidische und projektive Verständnis der Geometrie. Die Topologie befasst sich mit räumlichen Beziehungen und unregelmässigen Kurven und Flächen. Sie behandelt offene und geschlossene Figuren, wie etwa einfache geschlossene Kurven, die eine Ebene in zwei Regionen teilen, eine innerhalb und eine ausserhalb. Die Ebene kann verbogen, gedreht und verdreht werden wie ein Gummituch, so dass Vierecke und Dreiecke die Form verlieren und nur mehr abgerundete Polygone sind. Aber der Unterschied zwischen innen und aussen, offenen und geschlossenen Kurven, konkaven oder konvexen Figuren und Ueberschneidungen oder Trennung zweier Figuren geht nicht verloren. Das Verhältnis von Winkeln oder die Anzahl von Seiten, die ein Kreis von einem Viereck oder ein Viereck von einem Trapez oder Vieleck unterscheiden, bedingt jedoch die Verfügbarkeit der euklidischen Geometrie. Das Verständnis der projektiven Geometrie verlangt noch zusätzliche vorstellungsmässige und kognitive Denkstrukturen, die perspektivisches Wahrnehmen erst ermöglichen.

Bisher wurde bei Erwachsenen kaum untersucht, ob topologische Komponenten der Figuren und Muster oder eher euklidische und projektive Merkmale Gleichheit oder Ähnlichkeit von Konfigurationen bestimmen. In diesem Umfeld kann auch der Begriff der Kategorisierung angeführt werden, der bereits in experimentellen Studien berücksichtigt wurde (Milner (1964): Card-Sorting; Gainotti et al. (1977): Raven-Matrizen). Das perzeptiv-kognitive System analysiert den Input zuerst auf das Vorhandensein verschiedener spezifischer Merkmale. Diese Merkmale können bei der Figuralwahrnehmung topologischer, euklidischer oder projektiver Art sein, oder auch andere Komponenten wie Farbe, Textur oder komplexere, assoziative erfahrungsmässige Merkmale enthalten, nach welchen eine Figur klassifiziert wird.

Bei einer Voruntersuchung zum Vergleich von Figuren nach Ähnlichkeitskriterien zeigte sich bereits, dass bei verzögerter Darbietung von Vorlagefigur und Auswahlfiguren die topologischen Kriterien den euklidischen, formmässigen Kriterien vorgezogen wurden und somit mehrheitlich die Ähnlichkeit determinierten. Auch bei simultaner Darbietung war eine solche Tendenz in geringerem Masse festzustellen. Dieser Befund kann dahingehend interpretiert werden, dass topologische Merkmale möglicherweise in der Gedächtnisspur besser verankert werden als die übrigen Merkmale, vielleicht auch weil sie auf den ersten Blick prägnanter sind. Beim simultanen Vergleichen, bei dem nicht direkt ein Gedächtnisprozess verlangt wurde, traf eine solche Aussage in geringerem Masse für das Erfassen von Figurmerkmalen zu.

3.6. Raumvorstellung

Unter diesem Begriff versteht man die Vorstellung von statischen zwei- und dreidimensionalen Objekten bzw. Objektkonfigurationen oder auch die Veranschaulichung veränderter oder in ihren räumlichen Relationen zueinander zu

verändernden Objekte. Raumvorstellung geht also weiter als das visuelle oder auch taktile Erfassen räumlicher Gegebenheiten, weil nicht die Wahrnehmung, sondern das über die Wahrnehmung hinausgehende Vorstellen und Bewegen, d.h. das gedankliche Handeln, Umgehen und Verändern von räumlichen Konfigurationen und Objekten im Vordergrund steht.

Visuelle Raumvorstellung baut auf der Grundlage der visuellen Wahrnehmung und im Zusammenspiel mit taktilen Perzeptionen auf (Piaget und Inhelder 1947). Die Raumvorstellung ist bereits eine komplexe, kognitive Fähigkeit und entgeht einer direkten Beobachtung. Sie kann daher nur aus dem Raumverhalten im engeren Sinne wie Orientierung und Bewegung im Raum oder im weiteren Sinne durch Analyse von Aufgabenlösungen und Strategien erschlossen werden.

Raumvorstellung spielte bei der Erforschung der Intelligenzfaktoren eine wichtige Rolle (Thurstone 1938 a + b und 1944; Thurstone und Thurstone 1941 a + b). Sie ist eine komplexe perzeptiv-kognitive Leistung, die eine hohe Korrelation mit dem allgemeinen Leistungsniveau annehmen lässt. Dieser Zusammenhang wurde insbesondere von Thurstone (1938 a + b) im Rahmen der "primary mental abilities" untersucht. Unter den faktorenanalytisch extrahierten Faktoren (Thurstone 1944; Thurstone und Thurstone 1941 b) gehört die Auffassungs- oder Wahrnehmungsgeschwindigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen oder das Erfassen räumlicher Verhältnisse zu den wahrnehmungsmässigen Leistungen, bei denen es um Erfassen von Stimuli oder um deren Transformation durch Visualisationsprozesse geht. Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit ist gekennzeichnet durch das rasche Erkennen von Details und hängt nach Thurstone im Gegensatz zu länger dauernden Denkprozessen mit dem Sehvermögen und mit allgemeiner Auffassungsgeschwindigkeit zusammen. Die Komponente der Erfassungsgeschwindigkeit ist im Form-Muster-Vergleichen auch enthalten. Die Raumvorstellung andererseits ist, wie bereits erwähnt, ein recht komplexes Konzept,

welches verschiedene psychologisch sinnvoll zu unterscheidende Komponenten umfasst. Zu diesen Komponenten gehört zum Beispiel die gedankliche (nicht unbedingt bildhafte) Vorstellung von statischen zwei- und dreidimensionalen Objekten bzw. Objektkonfigurationen, wie auch die Veranschaulichung veränderter oder in der räumlichen Relation zueinander zu verändernden Objekte bzw. Objektteile. Die imaginierten Konfigurationen reichen dabei von einfachen und leicht durchschaubaren Figuren bis hin zu hoch komplexen Stimulusstrukturen. Bei anderen Komponenten der Raumvorstellung ist die Einordnung der eigenen Person in Bezug zu vorgegebenen Orientierungspunkten im Raum von zentraler Bedeutung (siehe auch Körperschema-Test). So wie es aber einerseits sinnvoll scheint, verschiedene Teilkomponenten der räumlichen Vorstellung zu unterscheiden, ist es auch notwendig, von Raumvorstellung allgemein zu sprechen, da die differenzierbaren Komponenten nicht voneinander unabhängig sind, sondern viel mehr in einer positiven Beziehung zueinander stehen.

Piaget und Inhelder (1947) zogen es in diesem Zusammenhang vor, von "räumlichem Denken" zu sprechen, weil bei der Raumvorstellung das gedankliche Handeln und Umgehen mit räumlichen Objekten, Relationen und Begriffen im Vordergrund steht.

Thurstone und Thurstone (1941 b) machten ebenfalls auf den Unterschied von einfachen Wahrnehmungsvorgängen und Vorstellungsleistungen aufmerksam, indem sie sagten, dass sich Raumvorstellung von Wahrnehmungsprozessen, die nur das Erfassen von Details in einer Objektfläche erfordern, darin unterscheiden, dass das Bewegen von Gegenständen in zwei und drei Dimensionen vorstellungsmässig verlangt werden. Thurstone (1938 a) prüfte die Raumvorstellung mit zweidimensionalen reversiblen Konfigurationen, die mit einem Ausgangsstimulus verglichen wurden.

Im Allgemeinen handelt es sich also bei Raumvorstellungsaufgaben um Testvorlagen, bei denen Figuren in veränderter Position wieder erkannt oder bei denen der Wahrnehmung nicht direkt zugängliche Sachverhalte erkannt werden müssen.

3.7. Konstruktiv-praktische Fähigkeiten

Unter Praxien verstehen wir die Fähigkeit der sequentiellen Anordnung von Einzelbewegungen zu Bewegungsfolgen oder von Bewegungen zu Handlungsfolgen. Bei einer Störung der Praxien sind nur diese sequentiellen Bewegungs- oder Handlungsfolgen betroffen, während die elementare Beweglichkeit erhalten ist. Apraxien sind demnach von der schlaffen und spastischen Bewegungsstörung zu trennen, da die Motorik (Einzelbewegungen) an sich nicht betroffen ist (Warrington 1969).

Die Störungen der Praxien werden in ideomotorische, ideatorische und konstruktive Apraxien unterteilt (Benton 1968 und 1973; Brown 1972; Benson und Barton 1970; Kerschensteiner et al. 1975). Ideomotorische Apraxien beziehen sich auf transitive und intransitive Bewegungen, die auf ein Objekt gerichtet sind und auf gestische Ausdrucksbewegungen, die sequentionell fehlerhaft ausgeführt werden oder mit falschen Bewegungselementen versehen sind. Bei der ideatorischen Apraxie können Teilhandlungen oder Handlungsabschnitte mit Objekten nicht zu einem vollständigen Handlungsakt vollzogen werden, indem Gegenstände nur halbwegs oder gar nicht zu ihrem richtigen Zweck verwendet werden. Die konstruktiven Praxien gehören am ehesten in den Kreis der perzeptiven Fähigkeiten, da unter diesen eine Gestaltung der Handlung unter visueller Kontrolle verstanden wird. Eine konstruktive Apraxie liegt also dann vor, wenn das Zusammenfügen von einzelnen Elementen zu räumlichen Gebilden nicht gelingt. Konstruktive Praxien kommen in vielfältigsten Aufgaben zum Ausdruck. Einmal in allen Abzeichen-Tests und

Zeichen-Tests und andererseits auch in Aufgaben mit Holzstäben und Holzwürfeln sind konstruktiv-praktische Fähigkeiten notwendig. Diese Aufgaben erfordern eine motorisch-exekutive Antwort durch Zeichnen oder Abzeichnen einer Vorlage oder durch eine Rekonstruktion oder Reproduktion irgendwelcher zwei- und dreidimensionaler Gebilde. Einer der bekanntesten und häufig verwendeten konstruktiv-praktischen Tests ist der Mosaik-Test, der im HAWIE enthalten ist.

In der neuropsychologischen Literatur wurde eine Dissoziation der perzeptiven und konstruktiv-praktischen Funktionen bestätigt. Die Ergebnisse von Bortner und Birch (1960) zeigten, dass die Unfähigkeit zur Reproduktion von Stimuli (Mosaik-Test) nicht unbedingt mit einer Unfähigkeit zur richtigen Wahrnehmung dieser Stimuli einhergeht. Die Befunde wurden mit ontogenetischen Gesichtspunkten, nach denen die perzeptiv-motorischen Funktionen auf den perzeptiven Funktionen aufbauen, begründet. Die Aussage, dass somit die ontogenetisch jüngere, konstruktiv-praktische Funktion anfälliger auf Hirnschädigung als die ontogenetisch ältere Fähigkeit der Formwahrnehmung ist, steht aber eindeutig im Widerspruch zu den entwicklungspsychologischen Erkenntnissen von Piaget (1947). Die richtige Perzeption von Konfigurationen ist wohl eine Voraussetzung dafür, dass diese auch handlungsmässig, bzw. konstruktiv-praktisch bewältigt werden können. Für eine solche Aussage braucht jedoch nicht das ontogenetische Konzept bemüht zu werden. Umgekehrt unterstützt das Umgehen mit solchen Konfigurationen ebenso deren richtige Wahrnehmung. Man kann andererseits eine unterschiedliche neuroanatomische Grundlage von perzeptiven und konstruktiv-praktischen Störungen vermuten. Es wurde häufig beobachtet, dass diese Symptome bei unterschiedlichem Läsionsort und auch häufig getrennt vorkommen (Benton 1969b; Warrington 1969; Gainotti und Tiacci 1970).

Benton (1969 b) bezweifelte aufgrund seiner Ergebnisse, dass es sich selbst bei relativ spezifischen Formen der Apraxie (z.B. konstruktive Apraxie) um einheitliche Syndrome handelt. Hécaen (1968) schlug eine multidimensionale Klassifikation der Apraxien vor, bei der die Art der Handlung (ideationell, konstruktiv, symbolisch), die von der Störung betroffenen Körperteile, die Stimulusart (visuell, verbal) und das betroffene Kommunikationssystem (sprachbegleitende Gesten, sprachersetzende Gesten, symbolische Gesten) berücksichtigt werden. Ein solches Modell kommt bereits in die Nähe des von Piaget (1960) vorgeschlagenen Entwicklungsmodells und könnte möglicherweise zur Aufklärung der in der Literatur vorliegenden Widersprüche führen.

4. WEITERLEITENDE UEBERLEGUNGEN ZUR UNTERSUCHUNG DER RAUMSINNFUNKTIONEN

Im Gegensatz zu den sprachlichen Funktionsbereichen (Spontansprache, Reihensprechen, Nachsprechen, Benennen, Sprachverständnis, Lesen und Schreiben), bei denen man sich eher darüber einig scheint, was in einer neuropsychologischen Untersuchung berücksichtigt werden muss (Eisenson 1954; Schuell 1965; Goodglass und Kaplan 1972; Hécaen und Angelergues 1965), herrscht bezüglich der nicht-sprachlichen Funktionsprüfung weniger Klarheit. Aus neurophysiologischen Forschungsansätzen (Hubel und Wiesel 1959 und 1962) und der Darstellung verschiedener Konzepte der Raumwahrnehmung geht hervor, dass das Testinventar von elektrophysiologischen Messungen perzeptiver Korrelate bis hin zu umfassenderen perzeptiven, raumverarbeitenden und reproduktiven Testanordnungen reicht und zusätzlich auch konstruktiv-praktische Fähigkeiten einschliesst. Die verschiedenen modalitätsspezifischen Ebenen der Raumwahrnehmungs-Prüfungen müssen ebenfalls beachtet werden.

4.1. Komplexitätsgrad und analytische versus holistische Dekodierung

Die vielen Zugänge zur Untersuchung der räumlichen Wahrnehmung liessen es ratsam scheinen, die Vielfalt der Aufgaben nach bestimmten Gesichtspunkten zu ordnen. Als wichtiges Ordnungskriterium wurde in dieser Arbeit das Komplexitätsniveau der Aufgaben verwendet. Es wurde angenommen, dass die Testserie ein Spektrum von einfachsten Aufgaben bis zu Aufgaben mit hoher Komplexität enthalte. Je nach Aufgabenstruktur sollten relativ einfache perzeptive Prozesse wie das Erfassen einer einzelnen Linienrichtung, komplexere Wahrnehmungsprozesse beim Erkennen von Formen und perzeptiv-kognitive und vorstellungsmässig-kognitive Prozesse angesprochen werden. Wenn nach Perret (1973) Verhalten als

Funktionsabfolge von Informationsaufnahme, -integration, -verarbeitung und -beantwortung aufgefasst wird, und "auf jeder Stufe das Gedächtnis aufgrund früherer Informationsspeicherungen einen modulierenden Einfluss ausübt", folgt daraus, dass die Komplexität einer Aufgabe die Subprozesse, die bis zur Beantwortung eines Stimulus notwendig sind, bestimmt.

Andererseits ist entscheidend, ob eine Konfiguration als Ganzes oder in ihren Teilen erfasst wird. Dabei bestimmt der Komplexitätsgrad nicht immer unbedingt den Erfassungsmodus. Es können im Gegenteil sowohl einfachste wie hochkomplexe Stimuli als Ganzheit erfasst werden. Wie und unter welchen Bedingungen ein Stimulus als Ganzes oder in seinen Teilmerkmalen erfasst wird, hängt von dessen Charakteristiken und von den Erfahrungen des Wahrnehmenden ab. Ein typisches Beispiel komplexer Stimuli sind Gesichter, die vermutlich als Ganzes treffsicher wahrgenommen werden, auch wenn sie undeutlich oder unscharf gesehen werden (Yin 1970; Benson et al. 1974; Tzavaras et al. 1970). Es ist bekannt, dass die linke Hemisphäre besonders für Sprachverarbeitung und die rechte Hemisphäre vorallem für räumliche Fähigkeiten überlegen ist (Kinsbourne 1978; Walsh 1978; Dimond und Beaumont 1974). Es wird indessen angezweifelt, ob die Dichotomie verbaler und non-verbaler Verarbeitung die einzige oder tatsächliche Grundlage der Hemisphärenspezialisierung ist (Bamber 1969; Martin 1979; Taylor 1976; Patterson und Bradshaw 1975). Es wird vermutet, dass die linke Hemisphäre für analytische Verarbeitung und die rechte Hemisphäre für Gestalt- oder ganzheitliches Verarbeiten spezialisiert ist (Bogen et al. 1972; Levy und Trevarthen 1977; Levy-Agresti und Sperry 1968). Die Befunde von Nebes (1971, 1972, 1973 und 1974), die eine Ueberlegenheit der rechten Hemisphäre für sogenannte Gestalterschliessungsaufgaben (visual closure) zeigten, sowie die Ergebnisse von De Renzi und Spinnler (1966), die die Wahrnehmung von unvollständigen Linien- und Konturzeichnungen prüften, unterstützen diese Annahme.

In einem anderen Ansatz untersuchte Cohen (1973) serielle und parallele Verarbeitungsprozesse. Er fand eine Tendenz der linken Hemisphäre, Buchstaben besser seriell zu verarbeiten, während die rechte Hemisphäre eher zu paralleler Verarbeitung tendierte. Beide Hemisphären tendierten jedoch zu paralleler oder ganzheitlicher Verarbeitung, wenn die Stimuli nicht verbalisierbar waren.

Verschiedene Autoren (Taylor 1976; Patterson und Bradshaw 1975) verwendeten in tachistoskopischen Untersuchungen analytischer und holistischer, bzw. serieller und paralleler (Bamber 1969) Verarbeitung das 'gleich-verschieden' Paradigma. Taylor (1976) vermutete bei 'verschieden'-Antworten für Buchstaben eine analytische und bei 'gleich'-Antworten eine holistische Verarbeitung. 'Gleich'-Antworten waren schneller als 'verschieden'-Antworten.

Auch wenn es sich bei der eigenen Arbeit nicht um eine tachistoskopische Untersuchung handelt, dürfen Rückschlüsse darauf gemacht werden. Gestützt auf die erwähnten Befunde wird auf die eigene Untersuchung gefolgert, dass eine Funktion lateralisiert ist, wenn sie klar durch eines der beiden Dekodierungssysteme verarbeitet wird. Für einige der verwendeten Funktionsbereiche kann diesbezüglich intuitiv eine Voraussage gemacht werden, während für andere eher Unklarheit herrscht. Die detaillierten oder ganzheitlichen Charakteristika einer Konfiguration unterscheiden sich nicht unbedingt bezüglich ihrer Komplexität. Mit anderen Worten bestimmt der Komplexitätsgrad allein noch nicht, welcher Verarbeitungsprozess gewählt wird.

Der Komplexitätsgrad andererseits ist vermutlich ausschlaggebend, wie eng intra-hemisphärisch umschrieben die Lokalisation der Funktion ist, da je nach Einschluss von Integrations-, Speicher- und Kategorisierungsprozessen parietale, temporale und frontale Hirnareale aktiviert werden.

5. ZIEL DER UNTERSUCHUNG UND HYPOTHESEN

Bevor der Aufbau und die wichtigsten Schwerpunkte der visuellen und taktilen Raumtest-Serie beschrieben und diskutiert werden, werden die Fragestellungen und die implizierten Hypothesen zur Raumwahrnehmung in dieser neuropsychologischen Untersuchung ausformuliert. Diese Fragen und Annahmen stecken auch den Rahmen für die Untersuchung ab und begründen deren Durchführung.

Es interessieren drei allgemeine Schwerpunkte, nämlich die topografische Lokalisierbarkeit, die Trennbarkeit von Raumsinn-Funktionen und die Modalitätsspezifität. Zudem wurden drei speziellere Gesichtspunkte, wie die Auswirkung von Gesichtsfeldausfällen und der Einfluss von Bildung und Geschlecht auf das visuell-räumliche und taktile Leistungsniveau für bestimmte derartige Tests in die Untersuchung einbezogen.

5.1. Hirntopografische Lokalisation

Es stellt sich die Hauptfrage, in welchem Masse die untersuchten Raumsinn-Funktionen auf ein neuroanatomisches Korrelat, bzw. auf eine bestimmte topografische Hirnlokalisierung rückführbar sind. Können alle Variablen neuroanatomisch lokalisiert werden, und gibt es zwischen den Variablen Unterschiede bezüglich einer genauen Zuordnung zu einem Hirnareal? Hängt diese Möglichkeit der Zuordnung mit dem Komplexitätsgrad der Raumsinn-Funktion zusammen? De Renzi und Faglioni (1967) stellten bei komplexen Aufgaben eine grössere intra-hemisphärische Beteiligung an der Informationsverarbeitung fest, und eine grössere inter-hemisphärische Beteiligung, sobald für eine räumliche Aufgabe eine Gedächtniskomponente einbezogen wurde (De Renzi, Faglioni und Scotti 1968 und 1969). Erfolgt also eine vermehrte Be-

teilung von verschiedenen kortikalen Zentren durch Zunahme der Aufgabenkomplexität und Gedächtnisfaktoren unilateral und/oder bilateral, bzw. erfolgt der lokalisatorische Ausdehnungsgrad intra- oder inter-hemisphärisch?

Diesen Fragen liegt die Annahme zugrunde, dass die rechte Hemisphäre für globale Verarbeitungsprozesse zuständig ist (Martin 1979). Sobald ganzheitliches Erfassen von Stimulus-situationen verlangt wird, gewährleistet dies die rechte Hemisphäre besser (Nebes 1974). Berlucchi (1973) ergänzte dahin, dass die rechte Hemisphäre für nicht über verbale Dekodierungssysteme laufende Prozesse zuständig ist.

Einfache und ganzheitlich erfassbare visuell- und taktil-räumliche Konfigurationen werden von der rechten posterioren Hemisphäre verarbeitet (Benton et al. 1978; De Renzi, Faglioni und Scotti 1971; Newcombe und Russell 1969). Aus diesen Befunden und den vorausgegangenen Überlegungen folgere ich, je eindeutiger bestimmte Raumsinn-Funktionen als Ganzes erfasst werden, desto eher sind sie rechts lateralisiert. Je komplexer andererseits diese Raumsinn-Funktionen sind, desto weniger umschrieben ist ihr Fokus. Zudem können auch bei komplexen Aufgaben, die nicht intentional durch verzögerte Stimulusdarbietung eine Gedächtniskomponente enthalten, bestimmte Gedächtnisleistungen nicht ausgeschlossen werden. Je komplexer eine Aufgabe ist, desto mehr Gedächtnisleistung wird vermutlich zu ihrer Lösung notwendig. Nach De Renzi, Faglioni und Scotti (1969) wurde bei intentionellem Einbezug von Gedächtniskomponenten ein bilaterales, posteriores Defizit gefunden. Diesem Befund widersprechen die Befunde beispielsweise von Kimura (1963); Luria (1971); Milner (1970); Milner und Taylor (1972) und Warrington und Shallice (1972). In diesen Arbeiten fand man auch für Gedächtnisprozesse, dass das Paradigma verschiedenartiger Verarbeitungsprozesse für verbales und non-verbales Material gültig ist. Ich nehme daher an, dass mit Einbezug einer Gedächtnisvariablen eine intra-hemisphärische

Ausbreitung stattfindet und für solche perzeptiv-räumliche Funktionen neben rechts posterioren Läsionen auch rechts temporale Läsionen ein Defizit verursachen.

Auf das ganze Testprofil bezogen würde ein mehr oder weniger paralleler Kurvenverlauf des Testprofils beider Hemisphären bedeuten, dass sämtliche geprüfte Funktionen bevorzugt mit der einen Hemisphäre verarbeitet werden. Bei besserem Leistungsniveau bei linksseitigen Läsionen für perzeptive Funktionen wiese dies darauf hin, dass solche Funktionen im gesunden Hirn bevorzugt mit der rechten Hemisphäre verarbeitet werden. Tritt jedoch diese Asymmetrie der beiden Hirnhemisphären nicht durchwegs für alle perzeptiven Aufgaben auf, weist dies auf eine möglicherweise eigenständige Rolle der linken Hirnhemisphäre bei gewissen perzeptiven Prozessen hin.

Für die einzelnen Funktionsbereiche leite ich folgende Hypothesen, die aus vorausgegangenen Darlegungen hervorgehen, ab.

Die Linien-Orientierung wird als relativ einfache perzeptiv-räumliche Aufgabe betrachtet, die global erfasst wird. Zudem beinhaltet sie in der Darbietung ohne zeitliche Verzögerung keine wesentliche Gedächtnisleistung und lässt sich daher dem posterioren Hirnareal der rechten Hemisphäre zuschreiben. Diese Aussage trifft vorallem für die intra-modale visuelle Aufgabe zu.

Bei der visuell-taktilen Aufgabe haben wir es bereits mit einer inter-modalen Funktion zu tun. Die Vermittlungsfunktion für inter-modale Verknüpfungen liegt laut Butters und Brody (1968) und Butters, Barton und Brody (1970) gemäss der Hypothese von Geschwind (1965) in der Region des Gyrus angularis (posterior parietale Aerea) der linken Hemisphäre. Aufgrund dieser Befunde dürfte die visuell-taktile Aufgabe keine so eindeutige Lateralisierung ergeben. Es kann vielmehr ein Defizit in dieser Funktion bei links und rechts posterioren Läsionen erwartet werden.

Ob eine solche Voraussage ebenfalls für die Einzeichen-Form dieser Aufgabe Gültigkeit hat, ist allerdings nicht ohne weiteres anzunehmen. Bei der Einzeichen-Form enthält die Antwort eine konstruktiv- oder visuo-praktische Komponente. Konstruktiv-apraktische Symptome wurden bei unterschiedlichen Läsionsorten festgestellt (siehe Uebersichtsarbeiten von Benton 1969 b und Warrington 1969). Die Arbeit von Dee (1970) fand keine Hemisphärenspezifität für die konstruktive Apraxie, während Gainotti und Tiacci (1970) angeben, dass qualitative Unterschiede in der Form der Apraxie je nach Läsionsseite zu finden waren. Warrington (1969) meint, dass beide Hemisphären in verschiedener Weise beteiligt sind, wobei der rechten Hemisphäre eine Wahrnehmungskomponente und der linken Hemisphäre eine exekutive Komponente zukomme. Die Einzeichen-Variante mit verzögerter Darbietung von Test-Stimuli und Standardvorlage enthält zusätzlich eine beabsichtigte Gedächtniskomponente. Solche Aufgaben sind im Sinne von De Renzi, Faglioni und Scotti (1969) bilateral lokalisiert.

Bei der taktilen Formdiskrimination handelt es sich um einen uni-modalen Test, der durch das sukzessive Einprägen von Linienrichtungen eine Gedächtnisleistung beinhaltet. Nach De Renzi und Scotti (1969) hat diese Aufgabe bereits komplexeren Charakter, da verschiedene Linienrichtungen nacheinander eingeprägt werden müssen. Gemäss diesen Autoren ist eine hirntopografische intra-hemisphärische Ausdehnung dieses Funktions-Fokus bis zum rechten Temporallappen zu erwarten.

Für die visuelle Aufgabe setze ich infolge von Störlinien durch die Figurenüberschneidungen die gleiche Annahme, nämlich, dass infolge der Interferenzen eine Gedächtnisleistung beim Erfassen der ganzen Figuren notwendig wird, ähnlich wie bei der uni-modalen taktilen Formdiskrimination. Trotz diesem zeitlichen Aufschub beim Erfassen, handelt es sich um ein globales Erfassen, so dass anzunehmen ist, dass diese visuelle Funktion rechts posterior bis temporal

lokalisiert sein dürfte. Für die Zeitvariable in einer solchen Aufgabe nehme ich sogar an, dass lokalisatorisch auch eine Beteiligung des frontalen Hirnareals nicht ausgeschlossen werden kann, da zur Ueberwindung und Unterdrückung von Interferenzen der linke frontale Hirnappen zuständig zu sein scheint (Milner 1964).

Bei einem Figur-Muster-Vergleich nach identischen Konfigurationen kann für die Wahrnehmungs-Geschwindigkeit ebenfalls die gleiche Annahme gemacht werden, da infolge einer randomisierten Stimulusanordnung ein gewisses Planungs- und Organisationsprinzip notwendig wird. Die Treffsicherheit und Genauigkeit beim Erfassen von Figuren und Muster ist jedoch auch eine perzeptive Angelegenheit, da diese ohne Zeitlimite und ganzheitlich miteinander verglichen werden können. Für die Treffsicherheit und Genauigkeit kann daher vorallem eine Leistungsverminderung bei den rechts posterior geschädigten Patienten erwartet werden.

Geometrisch-topologischen Eigenschaften von Konfigurationen wird bessere Verarbeitung durch die rechte Hemisphäre zugeschrieben, da es darum geht, räumliche Faktoren in ihrer Gesamtheit zu erfassen (Franco und Sperry 1977). Euklidische, bzw. formmässige Aspekte können jedoch ebenso gut durch Detailanalyse wahrgenommen werden, weshalb ich erwarte, dass diese nicht in diesem Masse lateralisiert sind. In Vorversuchen zu dieser Studie wurden Hinweise darauf gefunden, dass gesunde Probanden Aehnlichkeit, sowohl links-händig taktil wie auch visuell vorzugsweise nach topologischen Merkmalen bestimmen. Falls die hirngeschädigten Patienten nach gleichen Kriterien wählen, sollten demnach vorallem die rechts-hemisphärisch geschädigten Patienten schlechter abschneiden. Es ist allerdings noch anzumerken, dass diese Aufgabe sowohl eine perzeptive Komponente wie auch Kategorisierungsprozesse beinhaltet. Nach bisherigen Befunden wäre also ein Defizit sowohl bei rechts posterior (Franco und Sperry 1977) wie auch bei links frontalen Läsionen (Milner 1964) zu erwarten.

Raumvorstellung ist eine komplexe Funktion. Solche reversiblen Raumoperationen schliessen Fähigkeiten ein, mit räumlichen Komponenten und Bezugssystemen umzugehen. Es wird angenommen, dass solche Raumoperationen eine globale Informationsverarbeitung beinhalten, da meist ein ganzheitliches Erfassen räumlicher Konstellationen notwendig ist. Daher sollte die Raumvorstellung eine spezifische Fähigkeit der rechten Hemisphäre sein. Weil die zu transformierenden, wie die transformierten Stimuli während des ganzen Versuchs dargeboten bleiben, sind keine spezifischen Speicherprozesse verlangt, weshalb sich diese Fähigkeit eher auf die rechten posterioren Hirnareale konzentrieren (Ratcliff 1979; Butters und Barton 1970; De Renzi und Faglioni 1967).

Nach den Ansichten von Warrington (1969) sollten sowohl links wie rechts posteriore Läsionen ein Defizit bei der Kopie der Rey-Figur verursachen, da es sich dabei um eine wahrnehmungsmässige wie auch exekutive Aufgabe handelt. Gainotti und Tiacci (1970) und Arrigoni und De Renzi (1964) führten qualitative Unterschiede für Abzeichen-Aufgaben bei links- und rechtsseitigen Läsionen an. Nach diesen Autoren neigen die linksseitig Geschädigten zur Vereinfachung von Zeichnungen (d.h. Abnahme der gezeichneten Elemente) und rechtsseitig Geschädigte zur Vernachlässigung der linken Seite oder gehäuften Verschiebungen und Auslassungen insbesondere auf der linken Seite von Figuren (d.h. Anstieg von Fehler). Zusammenfassend erwarten wir also für die Kopie der Rey-Figur keine Hemisphären-Asymmetrie, höchstens eine Abnahme gezeichneter Elemente bei linksseitigen Läsionen. Verschiebungen und Entstellungen sind infolge falscher Wahrnehmung bei rechts posterioren Läsionen gehäuft zu erwarten. Bei der späteren Wiedergabe der Figur sollten vorallem rechts temporale Läsionen ein Leistungsdefizit verursachen (Perret 1973).

Bereits McFie und Zangwill (1960) und Piercy et al. (1960) zeigten, dass rechtsseitige posteriore Läsionen schon auf der Stufe der Wahrnehmung, d.h. der Informationsaufnahme und -verarbeitung im Raume für eine herabgesetzte Leistungsfähigkeit verantwortlich sind, während linksseitige posteriore Läsionen mit einer Schwierigkeit in der Wiedergabe von räumlichen Relationen einhergehen. Hécaen und Assal (1970) wiesen nach, dass bei Vorgabe von Grundelementen von Würfeln linksseitig geschädigten Patienten damit geholfen wird und rechtsseitig geschädigten Patienten hingegen nicht. Weil dem linken posterioren Kortex eine Dominanz in der Planung und Organisation der Darstellung räumlicher Relationen zukommt, sollten folglich derartig geschädigte Patienten trotzdem die Würfel vervollständigen können, während dies bei rechts posterioren Läsionen nicht gelingt.

Nach Semmes et al. (1963) haben Patienten mit linksseitigen anterioren Hirnläsionen ein Defizit beim Körperschema, welches diese Autoren mittels schematisierter menschlicher Figuren geprüft haben. Perret (1973) führte vorallem die gehäuften Spiegelfehler bei links temporalen Läsionen an, während Links-Rechts-Verwechslungen in diesem Test vorwiegend bei rechts posterioren Läsionen gefunden wurden.

5.2. Funktionelle Lokalisation und Zusammenhänge der einzelnen räumlichen Funktionen

Die in der Testserie verwendeten Aufgaben enthalten alle perzeptiv-räumlichen Aspekte. Es fragt sich aber, in welchem Masse die einzelnen Tests die gleichen Funktionsbereiche ansprechen, und ob Raumverarbeitungsfähigkeiten nach verschiedenen Gesichtspunkten differenziert werden können. Zur Unterteilung der Raumsinn-Funktionen kann ebenfalls das Kriterium des Komplexitätsgrades herangezogen werden. Andererseits ist die Art der Informationsverarbeitung entscheidend. Es sei nochmals darauf verwiesen, dass der Komplexi-

tätsgrad der Aufgabe allein noch nicht unbedingt die Art der Informationsverarbeitung bestimmt, da häufig komplexeste Konfigurationen ganzheitlich verarbeitet werden (siehe Wahrnehmung von Gesichtern), während einfache Stimuli möglicherweise besser durch Detailanalyse erfasst werden (Martin 1979; Nebes 1974; Taylor 1976).

Auf dem Hintergrund der topografischen Hirnlokalisation der einzelnen Funktionsbereiche kann eine Aussage über deren Zusammenhänge gemacht werden. Bei Uebereinstimmung der topografischen Zuordnung darf auch eine gleiche oder wenigstens ähnliche funktionale Struktur angenommen werden.

Ich erwarte bei der visuellen Linien-Orientierung und bei der intra-modalen taktilen und visuellen Formdiskrimination ein Vorherrschen der ganzheitlichen Verarbeitung und damit eine Dominanz der rechten Hemisphäre. Die Formwahrnehmung hat einen höheren Komplexitätsgrad, was sich in grösserer Ausbreitung in den rechtshemisphärischen aktivierten Hirnarealen zeigen sollte. Raumvorstellung sind meines Erachtens Funktionen, die durch globale Dekodierungssysteme verarbeitet werden, da sie in ihren Gesamtelationen erfasst werden müssen. Sie enthalten auch räumliche Komponenten, die nicht in Worten gefasst werden können. Daher müsste für diese Funktionsbereiche ebenfalls eine Hemisphären-Asymmetrie zugunsten der rechten Hemisphäre belegt werden können. Für die Wahrnehmung von Aehnlichkeiten könnte der Zugang ebenso durch eine Detail-zu-Detail-Analyse wie auch durch eine ganzheitliche Erfassung geschehen. Eine Hemisphären-Asymmetrie insgesamt wird daher für diese Art von Tests nicht erwartet, da einzelne Läsionsorte beider Hemisphären, wie links frontale Läsionen (Milner 1964) und rechts posteriore Läsionen (Franco und Sperry 1977) eindeutige Defizite hervorrufen sollten. Nach letzteren Autoren wurden geometrisch-topologische Eigenschaften besser durch die rechte Hemisphäre verarbeitet, was dadurch einleuchtet, dass geometrisch-topologische Merkmale Figuren als Ganzes bestimmen und ver-

mutlich nicht ein Teilmerkmal von Figuren darstellen. Für die Verarbeitungsart solcher Aufgaben spielen möglicherweise auch frühere schulische Erfahrungen und das Geschlecht (Kail et al. 1979) eine Rolle.

Weitere Hinweise über die Zusammenhänge, bzw. Eigenständigkeit der geprüften Funktionsbereiche ergeben sich aus der Faktorenanalyse, die mit den wichtigsten Variablen durchgeführt wurde.

5.3. Einfluss der Modalität

Ein wichtiger Gesichtspunkt ist die Modalität, in welcher bestimmte Funktionsbereiche geprüft werden. Gewisse Aufgaben sind daher in möglichst ähnlicher Durchführung in der visuellen und taktilen Modalität enthalten. Es stellt sich dabei die Frage, ob Leistungsschwankungen oder Leistungsdefizite in diesen Raumsinn-Funktionen gleichzeitig sowohl in der visuellen wie auch in der taktilen Modalität in gleichem Masse auftreten. Ueberdies interessiert, ob Leistungsdefizite für beide Modalitäten in den gleichen Läsionsgruppen auftreten. Da die Raumerfahrung häufig synergetisch erfolgt, nehme ich an, dass bestimmte räumliche Perzeptionen in ähnlicher Weise durch verschiedene Modalitäten möglich sind. Eine perzeptive Raumsinn-Störung wird folglich beim Auftreten in visuellen Aufgaben auch bei intra-modal geprüften taktilen Aufgaben vorzufinden sein. Ich zweifle wegen einer cross-modalen funktionellen Interaktion am unimodalen Vorkommen von Leistungsschwankungen. Es darf im Gegenteil eine hohe Korrelation bei Aufgaben mit ähnlicher Struktur und ähnlichem Inhalt in der visuellen und taktilen Modalität erwartet werden, sowie eine Uebereinstimmung hinsichtlich der topografisch-lokalisatorischen Zuordnung solcher Funktionen. Für Hirngesunde ist die linke Hand für taktil-räumliche Aufgaben dominant (Benton, Levin und Varney 1973), während bei unilateral Hirngeschädigten die

ipsilateral zur Schädigung liegende Hand den Vorzug hat (Benton, Varney und Hamsher 1978).

5.4. Auswirkungen von Gesichtsfeldausfällen

Ich gehe von der Frage aus, ob visuelle Raumsinn-Defizite jeweils unabhängig von Gesichtsfeldausfällen vorkommen. Anders gefragt heisst das, ob Gesichtsfeldausfälle notwendigerweise die Leistung in den gefragten Funktionen vermindern. Bei einer Anzahl Patienten mit posterioren Hirn-läsionen waren homonyme Gesichtsfeldausfälle (siehe Tab. 2, S.84) kurz vor ihrer neuropsychologischen Untersuchung in der Universitätsklinik Zürich diagnostiziert worden. Vor allem jüngere Hemianopsien, die durch Augen- und Kopfbewegungen wenig kompensiert sind, beeinträchtigen die visuelle Wahrnehmung. Die dargebotenen Tests berücksichtigen diesen Gesichtspunkt teilweise, indem die Darbietungszeit genügend lang gewählt ist, um alle Stimuli visuell abzusuchen, oder indem die Ausdehnung der Vorlagen klein gehalten oder vertikal angeordnet ist, um seitliche Ausfälle auf ein Mindestmass zu reduzieren.

Aufgrund dieser Vorkehrungen nehme ich an, dass die Gesichtsfeldausfälle visuell-räumliche Defizite kaum allein erklären. Es geht vielmehr aus der Literatur hervor, dass jenseits und unabhängig von solchen Ausfällen ein Raumsinn-Defizit bestehen kann (Newcombe 1974; De Renzi, Faglioni und Scotti 1971; Dorff, Mirsky und Mishkin 1965; Warrington und James 1967 c).

Weiter lässt sich auch fragen, ob die Fehler auf einer Vorlageseite mit der entsprechenden kontra-lateralen Seite des Gesichtsfeldausfalles korrespondieren. Dazu gaben De Renzi und Mitarbeiter (1967, 1969 und 1971) den Effekt des Ueberwiegens von falschen Antworten im linken Testfeld an, was auf die Lesegewohnheit unserer Kulturen zurückzuführen sei. Sie wiesen auch darauf hin, dass eine linksseitige Hemianopsie

meistens gröbere Auswirkungen hat, was ebenfalls auf dem vorerwähnten Tatbestand beruht. Ich vermute, dass Fehler auf der einen der beiden Blatthälften der Testvorlage nicht notwendigerweise mit einem jeweiligen Gesichtsfeldausfall korrespondieren, sondern eine solche Erhöhung der Fehlerzahl auf der einen Vorlagenseite eher allgemein kontralateral zur Hirnläsion festzustellen ist. Diese Aussage wäre im Sinne eines unilateralen Neglekts (hemiinattention) zu verstehen, der nicht unbedingt mit einem diagnostizierten sensorischen Gesichtsfeldausfall einhergeht.

5.5. Geschlechtsspezifität räumlicher Fähigkeiten

Hinsichtlich des Geschlechts wurden Hypothesen bestätigt, dass Männer in visuell-räumlichen und geometrischen Fähigkeiten besser abschneiden als Frauen (Harris 1978; Maccoby und Jacklin 1974). Diese Befunde werden mit der unterschiedlichen Sozialisation und Ausbildung und auch mit genetischen Unterschieden begründet. In tachistoskopischen Untersuchungen fand Kimura und Durnford (1974) auch bei der einfachen Aufgabe der Lokalisation von Punkten in einem quadratischen Feld geschlechtsspezifische Unterschiede zugunsten der männlichen Probanden. Weitere Untersuchungen bestätigten ein besseres Leistungsniveau bei Männern in der Raumverarbeitung (Thurstone 1958; Coltheart et al. 1975; Kail et al. 1979). Coltheart et al. (1975) fanden dagegen einen Leistungsvorteil bei Frauen für verbales Material. Kail et al. (1979) vermuteten, dass die Verarbeitungssysteme und -strategien, die gewählt werden, sich bei Männern und Frauen unterscheiden.

5.6. Bildungsabhängigkeit

Bei den Versuchspersonen und Patienten, die mit der Raumtest-Serie untersucht wurden, hielt ich ausserdem aus der Anamnese die Schulbildung fest. Die Länge der Testserie erlaubte keinen

vollständigen Intelligenztest mehr einzufügen, mit dessen Resultaten die Ergebnisse der Raumtests zu korrelieren gewesen wären. Dafür wurden die untersuchten Personen nach ihrem schulischen Bildungsstand unterteilt. Ich nahm an, dass eine höhere Schulbildung eine grössere Übung in räumlichen Aufgaben mitsichbringt. Mit anderen Worten wird eine positive Korrelation des Leistungsniveaus mit dem Bildungsgrad erwartet. Ich vermute einen unterschiedlichen Einfluss der Bildung auf einfache und komplexere Tests. Besonders für komplexere Aufgaben ist eine hohe Korrelation mit dem Bildungsniveau zu erwarten.

6. AUFBAU EINER VISUELLEN UND TAKTILEN RAUMTEST-SERIE

6.1. Aufgabenauswahl und Kriterien bei bestehenden Ansätzen

Visuell-räumliche Funktionen wurden verschiedentlich in einer Zusammenstellung von verschiedenen Tests überprüft, um diese Fähigkeiten von verschiedenen Gesichtspunkten her zu beleuchten. Häufig handelte es sich um tachistoskopische Untersuchungen, bei denen die visuellen Stimuli nach Gesichtsfeldern getrennt dargeboten wurden.

Warrington und James (1967 a) fanden in einer tachistoskopischen Untersuchung, dass rechts parietal Geschädigte ein klares Defizit beim Erkennen von unvollständigen Buchstaben und Figuren aufwiesen. Daher wurde dieser Hirnlokalisation die Funktion der visuellen Verarbeitung und des visuellen Erkennens zugeschrieben. Weitere Erkenntnisse bestätigten, dass Defizite bei eher komplexen visuellen Aufgaben nicht immer mit einer Verschlechterung der Leistung in visuellen Such- und Auffassungsaufgaben (visual detection tasks) und einer Erhöhung der absoluten Schwellenwahrnehmung verbunden sind (Warrington und James 1967 b).

Warrington und Rabin (1970) versuchten daher in einem tachistoskopischen Experiment einfache, visuelle Stimulivergleiche zu untersuchen. Sie wählten dabei die Position von Punkten innerhalb eines vorgegebenen Feldes, die Richtung von ansteigenden Linien und die Grösse und Lage von Lücken in Figurenumrissen. Gleichzeitig wurde ein Bilder-Erkennungstest, ein Raumvorstellungstest, bei dem die Anzahl Würfel bei unterschiedlichen Würfelstapeln angegeben werden musste, und der Mosaiktest aus dem HAWIE angewendet. Es wurde zusätzlich die tachistoskopische Erfassungsschwelle für die Teststimuli gemessen. Für das Bilder-Erkennungsvermögen

zeigte sich ein Trend zur Leistungsverminderung bei rechts parietal Geschädigten, der jedoch nicht signifikant war, was die Befunde von Warrington und James (1967 a) widerlegte. Beim Vorstellen der Würfelzahl waren die rechts parietal Geschädigten signifikant schlechter als die übrigen rechtshemisphärisch Geschädigten, jedoch nicht signifikant schlechter als die links parietal Geschädigten. Im Mosaiktest waren die Patienten mit rechts perietaler Läsion signifikant schlechter als die übrigen Gruppen. Bezüglich der tachistoskopischen Schwellenmessung schnitten alle Hirngeschädigten schlechter ab als die hirngesunden Kontrollpersonen ohne signifikante Unterscheidung zwischen den Läsionsgruppen. Bei den Vergleichsaufgaben zeigte sich andererseits ein klares signifikantes Defizit bei den rechts parietalen Patienten, während die linksseitig Geschädigten sich nicht von den Kontrollpersonen unterschieden. Diese Befunde bestätigten, dass sich einfache Aufgaben wie das Erkennen von Position, Richtung und Lückengrösse, die Teile eines komplexen visuellen Stimulusfeldes sind, gegenüber dem Bilder-Erkennungsvermögen, wo es darum geht, Charakteristika von Figuren oder Objekten zu erfassen, und Schwellenmessungen bezüglich Lokalisierbarkeit zu unterscheiden. Andererseits bestand eine positive Korrelation zwischen dem Würfelzahl-Schätzen und dem Mosaiktest, die offenbar eine räumliche Komponente enthalten, die sie mit den Vergleichstests gemeinsam haben. Es wurde auf ein hierarchisches Modell verzichtet und angenommen, dass für die erwähnten Vergleichsaufgaben (matching tasks) die Integration räumlicher Informationen beschränkter ist als jene, die beim konstruktiv-praktischen Mosaiktest oder beim Würfelzahl-Schätzen analysiert werden muss.

Die Untersuchungen von Kimura und Durnford (1974) gingen von der Asymmetrie der Hirnhemisphären für die Erfassung und Verarbeitung von verbalen und non-verbalen Stimuli aus (Kimura 1961 und 1966; Barton, Goodglass und Shai 1965). Es handelte sich ebenfalls um ein tachistoskopisches Experi-

ment bei normalen Probanden mit der Fragestellung nach der Rolle der rechten Hemisphäre für visuelle Funktionen. Es wurde gemessen, wie viele Punktstimuli in einem Feld auf ein Mal erfasst werden können. Als weitere Aufgabe wurde die Lokalisationsfähigkeit von Punkten in einem Feld, die Tiefenwahrnehmung mittels Distanzschätzung und Stereogrammen, die Richtungswahrnehmung von Linien und die Formwahrnehmung bei sinnlosen Figuren und Mosaikmustern verwendet. Dabei zeigte sich für die Mengenschätzung von Punkten eine signifikante Ueberlegenheit des linken Gesichtsfeldes. Wenn anstelle von Punkten geometrische Formen oder Buchstaben präsentiert wurden, ergab sich ein solcher Effekt nur für geometrische Formen. Bei der Lokalisation von Punkten in einem rechteckigen Feld zeigten nur die männlichen Probanden einen signifikanten Links-Feld-Effekt, während bei einem runden Feld männliche und weibliche Probanden diesen Effekt zeigten. Für die Tiefenwahrnehmung und die Richtungsschätzung konnte ebenfalls die Ueberlegenheit des linken Gesichtsfeldes nachgewiesen werden, während die Identifikation von sinnlosen Figuren und Mosaikmustern keinen solchen Effekt zeitigte. Es wurde daraus gefolgert, dass für grundlegende visuelle Funktionen wie die Erfassung von Stimuli in einem Feld (scanning), Punktlokalisierung in einem Feld, Wahrnehmung von Linienrichtungen und Tiefenwahrnehmung die rechte Hemisphäre dominant sein muss.

Diese Befunde wurden von gewissen anderen Autoren nicht bestätigt. White (1971) fand eine Ueberlegenheit des rechten Gesichtsfeldes für die Identifikation von Linienrichtungen. Bei dieser Studie wurden aber nur drei Linienrichtungen - horizontal, vertikal und diagonal - verwendet. Nach Berlucchi (1973) entwickelt sich mit zunehmender Anzahl Linien zwischen Vertikal und Horizontal ein Trend zu rechtshemisphärischer Dominanz, da somit verbale Vermittlung ausgeschaltet wird. Die Arbeit von Wydler und Perret (1977) konnte die Ueberlegenheit des linken Gesichtsfeldes für die Stereogramme von Julesz im Gegensatz zu den Arbeiten von Carmon und Bechtoldt (1969) und Benton und Hécaen (1970) nicht bestätigen.

Newcombe (1974) verwendete in ihrer Studie zur Untersuchung der Hirnhemisphären-Asymmetrie für die visuell-räumlichen Funktionen die Identifikation von Schwarz-Weiss-Kontrast-Bildern (visual closure) und Labyrinth-Lernen. Diese Wahl wurde mit dem Ziel getroffen, Funktionen zu prüfen, die selektiv sind und verschiedene Aspekte visuell-räumlicher Wahrnehmung enthalten. Die Ergebnisse zeigten für die beiden erwähnten Funktionen eine Leistungsverminderung bei rechtshemisphärisch Geschädigten, aber keine signifikanten Unterschiede innerhalb verschiedener Loci der rechten Hemisphäre (siehe auch Newcombe und Russell 1969).

Nebes (1971, 1972 und 1973) ging in seinen Untersuchungen visuell-räumlicher Funktionen von folgenden Überlegungen aus. Er stellte die Hypothese auf, dass rechtshemisphärische Dominanz vor allem bei Tests, bei denen die Beziehungen zwischen Stimulusteilen und Gesamtkonfiguration erkannt werden müssen, gefunden wird. Bei solchen Funktionen kommt die Überlegenheit der gesamtheitlichen, kombinatorischen Erfassungsweise zum Tragen, während die analytische Fähigkeit der linken Hemisphäre eher Einzelheiten in ihrer Gestalt genau und schnell erfasst. Den beiden Hirnhemisphären wurden von Nebes diese erwähnten unterschiedlichen Arten von Verarbeitungsprozessen zugeschrieben. Nebes griff den bereits von Thurstone (1944) verwendeten Faktor der Gestalterschließung (closure speed) auf, den Thurstone als Fähigkeit beschrieb, einen oder mehrere unvollständig organisierte oder unvollständig zum Ganzen in Beziehung stehende Wahrnehmungsstimuli zu einem Gesamtbild mit Bedeutungsgehalt zu verschmelzen. Neuropsychologisch orientierte Experimente (Lansdell 1968; De Renzi und Spinnler 1966), die die Erfassung von unvollständigen Linienzeichnungen prüften, bestätigten, dass rechtshemisphärisch geschädigte Patienten bei solchen Aufgaben mehr Mühe hatten. Nebes zog kommissurotomisierte Patienten zur Untersuchung heran, um den direkten inter-hemisphärischen Austausch über die Kommissurenbahnen auszuschalten.

In einer ersten Untersuchung von Nebes (1971) mussten unter einer Auswahl von verschiedenen grossen Kreisen, diejenigen Halbkreise taktil identifiziert werden, die einem der Kreise entsprachen. Der Test wurde inter- und intra-modal und in einem reinen Vergleichs-Kontrolltest nur mit vollständigen Kreisen durchgeführt. Es zeigte sich dabei bei inter- und intra-modaler Durchführung eine signifikante Überlegenheit der linken Hand, während der Kontrolltest für beide Hände gleiche Resultate ergab.

In einem zweiten Experiment (Nebes 1972) wurden komplexere geometrische Formen verwendet, die zerschnitten, aber in unveränderter Position visuell dargeboten wurden. Diese mussten mit ganzen, identischen Formen, die taktil hinter einem Vorhang abgetastet werden mussten, verglichen werden. Als Kontrolltest wurden visuell-taktile Formen zur Identifikation gegeben. Es wurde wieder die linke Hand, bzw. die rechte Hemisphäre als überlegen bestätigt, während beim Kontrolltest kein solcher Effekt verifiziert werden konnte.

In einem weiteren Versuch (Nebes 1973) wurden mehrere Punktelinien so angeordnet, dass jeweils auf der horizontalen oder auf der vertikalen Linie die Punkte näher zusammen lagen. Es wurde dabei von Wertheimers Theorie über Scheinbewegung bei nahe beieinander liegenden Punkten ausgegangen. Es handelte sich um ein tachistoskopisches Experiment, wobei solche Punkteanordnungen getrennt in das linke und rechte Gesichtsfeld gegeben wurden. Die Patienten mussten antworten, ob die Linienreihen horizontal oder vertikal verliefen. Es wurde in einem Versuch mit der rechten und dann mit der linken Hand geantwortet. Unabhängig von der antwortenden Hand war wiederum die Treffsicherheit des linken Gesichtsfeldes signifikant grösser. Nebes interpretierte diese Experimente in dem Sinne, dass bei erforderlicher Transformation und Generation von tatsächlich wahrgenommenen Konfigurationen zu einem sinnvollen, vollständigen Wahrnehmungsinhalt die rechte Hemisphäre der linken überlegen ist, und damit eine Dominanz für derartige Funktionen postuliert werden kann.

Im Anschluss an die Darstellung der Untersuchungen von Nebes ist es interessant, bestehende Ergebnisse bezüglich des zweiten Gestalterschliessungs-Faktors (closure flexibility) von Thurstone anzuführen. Thurstone (1944) wies eine gute Korrelation dieser beiden Faktoren nach. Dieser zweite Gestalterschliessungs-Faktor beschreibt die Fähigkeit, trotz Ablenkung und Störstimuli eine Konfiguration aus einem Gesamtkontext herauszulösen und richtig zu erfassen. Für sogenannte versteckte oder in Gesamtkonfigurationen eingebettete, komplexe Figuren (hidden or embedded figures) fanden verschiedene Autoren eine Schwäche bei linksseitig geschädigten Patienten (Zaidel 1973; Teuber und Weinstein 1956). Zaidel verwendete bei der Untersuchung von kommissurotomierten Patienten spezielle Kontaktlinsen, die das eine Gesichtsfeld abdeckten. Er bestätigte die Ueberlegenheit des rechten Gesichtsfeldes sowohl für komplexere wie für einfache, in einen Störhintergrund eingebettete, geometrische Figuren, auch wenn Patienten den gesuchten Figuren mit einem Stift nachfahren konnten. Diese Befunde sind insofern interessant, als sie im Gegensatz zu den Ergebnissen von Nebes für die Gestalterfassung von unvollständigen Bildern und Figuren eine linksseitige Hemisphären-Dominanz belegten.

Untersuchungen, die für die vorliegende Arbeit wichtige Anregungen gaben, wurden von De Renzi und seinen Mitarbeitern (De Renzi und Faglioni 1962 und 1967; De Renzi, Faglioni und Scotti 1968, 1970 und 1971; De Renzi und Scotti 1969; De Renzi, Scotti und Spinnler 1969) über visuell-räumliche und taktile Fähigkeiten durchgeführt. Die ausgewählten Funktionen, die geprüft wurden, sind unter den Schwerpunkten räumliche Exploration und Lokalisation, einfache Raumwahrnehmungs-Aufgaben, komplexe, intelligenzabhängige Raumwahrnehmungs-Aufgaben und räumliches Gedächtnis aufgereiht. Schliesslich wurde auch ein konstruktiv-praktischer Test verwendet. Die Auswahl wurde so getroffen, dass möglichst elementare und komplexere räumliche Funktionsbereiche einbezogen wurden.

Explorationsaufgaben im extrapersonalen Raum wurden bereits von verschiedenen Autoren (Gainotti 1968; Costa et al. 1969) bei Hirngeschädigten tachistoskopisch untersucht. Sie fanden, dass ein einseitiger Neglekt gehäuft bei rechts-hemisphärischen Läsionen vorkommt.

De Renzi, Faglioni und Scotti (1970) gingen dieses Problem ohne Tachistoskop visuell und taktil an. Sie unterschieden vier Patientengruppen, die durch die Läsionsseite und die An- oder Abwesenheit von Gesichtsfeldausfällen bestimmt wurden. Die zufällig auf einer Karte verteilten Zahlen mussten in Reihenfolge und möglichst schnell gezeigt werden. In einem taktilen Labyrinth-Test wurde eine Kugel ausgelegt, die möglichst schnell durch Abtasten gefunden werden musste. Die taktile Aufgabe unterschied sich darin von der visuellen, dass sie durch die Repräsentation einer einzigen Information und nicht durch die Perzeption von gleichzeitig mehreren Informationen geleitet wurde, d.h. dass simultan stets nur eine Information erfahren werden konnte und nicht mehrere, wie bei der visuell dargebotenen Karte. Die Resultate bei einer Kontrollgruppe mit normalen Probanden zeigten in der visuellen Aufgabe eine bessere Leistung für Zahlen auf der linken Blatthälfte, was mit der üblichen Lesegewohnheit von links nach rechts erklärt wurde. Diese Befunde sollten folglich für rechtshemisphärisch geschädigte Patienten mit Gesichtsfeldausfällen eine Zunahme der Zeit, um die Zahlen zu finden, bedeuten, und für links-hemisphärisch Geschädigte sollte der Trend wie bei den Ergebnissen von Normalen beobachtet werden. Es konnte aber sowohl für die links- wie rechtsseitigen Läsionen, die Gesichtsfeld-Einschränkungen verursachten, eine signifikante Schwäche für die Zahlenexploration im kontra-lateralen Blattfeld zur Läsion bestätigt werden. Diese Resultate sind vorallem in der taktilen Aufgabe interessant, in der Gesichtsfeld-Einschränkungen nicht bereits beim Erfassen der Stimuli hinderlich wirken. Die Normalen wiesen keine Leistungsunterschiede weder für die linke noch für die rechte Hand auf. Die Hirngeschädigten mit Gesichtsfeldeinschrän-

kungen benötigten im Labyrinth-Teil kontra-lateral zur Läsionsseite signifikant längere Zeit zur Stimulussuche. Die Läsionsseite spielte aber keine Rolle, da sowohl links-seitige wie rechtsseitige Läsionen, die Gesichtsfeldeinschränkungen zeitigten, schlechter waren und sich nicht voneinander unterschieden.

Als einfache Raumwahrnehmungs-Aufgabe untersuchte De Renzi, Faglioni und Scotti (1971) weiter die Raumorientierung inter- und intra-modal mit einem Stab, der in bestimmter Richtung eingestellt werden musste. Auf einem etwas komplexeren Funktionsniveau wurde die taktile Figurdiskrimination untersucht (De Renzi und Scotti 1969). Auf die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird im nächsten Kapitel eingegangen.

Viele Raumwahrnehmungs-Untersuchungen enthielten recht komplexe Testaufgaben und waren häufig den gebräuchlichen Intelligenztests entliehen; die Aufgaben zum Beispiel aus dem Handlungsteil des HAWIE oder aus dem Raven Matrizen-Test (Basso et al. 1973; Colonna und Faglioni 1966; Gai-notti et al. 1977; Russo und Vignolo 1967). Auf diesem recht komplexen Niveau, das nach Untersuchungen von Thurstone (1958) und Sullivan et al. (1957) vom Intelligenzniveau abhängt, sind die Aufgaben zu sehen, die Raumvorstellung und aktive Umstellung von Stimuli verlangen. De Renzi und Faglioni (1967) verwendeten ebenfalls in einer ihrer Untersuchungen Stimuli, die in einer um 180 Grad rotierten Position wieder erkannt werden mussten. Die Ergebnisse werden ebenfalls im nächsten Kapitel betrachtet.

Um die erwähnte Aufzählung der von De Renzi und Mitarbeitern untersuchten räumlichen Funktionsbereiche abzuschließen, fehlt nur noch das räumliche Gedächtnis. Dabei wählten De Renzi, Faglioni und Scotti (1968) einen taktilen Test, bei dem die Position von verschiedenen Figuren auf einem Brett (form board-test) erinnert werden musste. Die gleichen Autoren (1969) führten einen andern ähnlichen Test

visuell und taktil durch. Es zeigte sich stets eine signifikante Leistungsverminderung für das Erinnern von Stimuluspositionen für alle Patienten mit Gesichtsfeldausfällen unabhängig von der Seite der Läsion. Die Resultate der taktilen Tests waren dabei bei diesen Patientengruppen noch schlechter. De Renzi und seine Mitarbeiter entwarfen mit diesen Untersuchungen ein Konzept von verschiedenartigen, visuell-räumlichen und taktilen Funktionsbereichen, deren topografische Lokalisierbarkeit von der Komplexität der Funktionen abhängt. Für elementare Raumfunktionen ist die posteriore rechte Hemisphäre verantwortlich, während Funktionen, die Integration- und Gedächtnisprozesse einschließen nicht mehr unbedingt lateralisiert sind. Andererseits kann auch ein Bezug zum Erfassungsmodus gesetzt werden, in welchem Masse eine Funktion lateralisiert ist.

6.1.1. Schlussfolgerung und zusammenfassende Darstellung der Befunde von De Renzi und Mitarbeiter

Die primäre Fragestellung von De Renzi und seinen Mitarbeitern war die Abklärung einer Hemisphären-Asymmetrie gewisser visueller und taktiler Funktionen. Die Patientengruppen wurden zusätzlich noch in anteriore und posteriore, bzw. nach dem Kriterium der Ab- oder Anwesenheit von Gesichtsfeldausfällen unterteilt. Auf der Basis dieser vier Gruppen wurde der Ausbreitungsgrad in verschiedene Hirnareale der unterschiedlich komplexen Funktionen aufgezeigt.

Das visuelle und taktile Explorationsverhalten konnte posterior lokalisiert werden (De Renzi, Faglioni und Scotti 1970). Eine Lateralisierung wurde insofern nicht festgestellt, als die Schwäche bei der Stimulusuche auf der zur Läsion kontra-lateralen Blatthälfte oder Testvorlage auftrat.

Für die Linien-Orientierung, bei der es sich um das ganzheitliche Erfassen einer räumlichen Konfiguration handelt, wurde ein klares rechts posteriores Defizit gefunden (De Renzi, Faglioni und Scotti 1971).

Die Formdiskrimination war bei Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen reduziert ohne Unterschied zwischen Ab- und Anwesenheit von Gesichtsfeldausfällen (De Renzi und Scotti 1969).

Die Identifizierung rotierter Figuren als eigentliche vorstellungsmässig-räumliche Operation war bei Patienten mit posterioren Läsionen verschlechtert, wobei die Läsionsseite eine weniger deutliche Rolle spielte (De Renzi und Faglioni 1967).

Bei so komplexen Aufgaben wie dem Raven Matrizen-Test (Colonna und Faglioni 1966) und den "Hidden-Figures" nach Gottschaldt (Russo und Vignolo 1967) konnte keine Asymmetrie der Verarbeitung gefunden werden, obwohl eine leichte Tendenz festzustellen war, dass rechts hemisphärisch geschädigte Patienten schlechter abschnitten.

Die Autoren schlossen daraus, dass bei solchen Aufgaben die über eine Wahrnehmungstätigkeit hinausgehen und integrative, intellektuelle und kognitive Prozesse sowie Speicherprozesse aktivieren, eine Beteiligung mehrerer Hirnareale vorliegt. Wenn wir die Art der Dekodierung solcher Konfigurationen einschliessen, lässt sich eine Hemisphären-Asymmetrie dadurch erklären, dass gewisse Konfigurationen vermutlich eher als Ganzes erfasst werden, während andere eher einer Teil-für-Teil-Analyse unterzogen werden.

6.2. Auswahlkriterien bei der eigenen Untersuchung

Die Auswahl der Aufgaben wurde durch die Fragestellung und Annahmen, die diese Untersuchung anregten, bestimmt. Grundsätzlich standen dahinter ähnliche Überlegungen, wie in den dargestellten Ansätzen. Durch die getroffene Aufgabenauswahl sollte mit möglichst unterschiedlichen Tests die Fähigkeit der Raumerfassung und Raumverarbeitung überprüft werden. Die unterschiedlichen Aufgaben sollten den Zugang zu diesen Wahrnehmungs-Vorgängen aus verschiedenen Richtungen

erschliessen. Durch Variation der Komplexität sollten vor allem Informationen über die Zusammenhänge unterschiedlicher perzeptiv-räumlicher Aufgaben und deren Differenzierbarkeit in topografisch-lokalisatorischer und funktioneller Hinsicht gewonnen werden. Die Frage funktioneller Differenzierung versuchten De Renzi und seine Mitarbeiter einzubeziehen, während bei den meisten übrigen Studien betont die Lokalisationsfrage und Hemisphären-Asymmetrie im Vordergrund stand. Es wurden dabei kaum Rückschlüsse auf physiologisch oder psychologisch fundierte Raumwahrnehmungstheorien gezogen. Die anfangs näher beschriebenen theoretischen Ueberlegungen haben jedoch für die vorliegende Arbeit als Hintergrund trotzdem volle Gültigkeit, auch wenn der experimentelle Teil sich nicht immer vom theoretischen Hintergrund ableiten lässt.

Der Problemkreis der Ego- oder Exozentrik spielt bei den verwendeten Aufgaben implizit oder explizit eine Rolle, obwohl es häufig schwierig zu beantworten ist, ob bestimmte Aufgabengruppen eher eine egozentrische oder exozentrische Problemstellung enthalten. Einerseits werden Konfigurationen ausserhalb des eigenen Körpers lokalisiert und wahrgenommen, andererseits kann dies aber nicht unabhängig vom Körper als räumlichen Bezugspunkt geschehen. Noch schwieriger ist die Beantwortung dieser Frage, wenn es sich um abstrakte Zeichenaufgaben auf einem Blatt oder um eine gezeichnete Vorlage handelt. Darin ist bereits eine Transformation der Realitätsebene auf eine Abbildungsebene beinhaltet. Die meisten Testaufgaben bestehen aber aus solchen Abbildungen. Insbesondere die Dimensionalität erfährt dadurch bereits eine begrifflich-kognitive Komponente, indem der Handlungsraum in einen Denkraum transformiert werden muss.

Ontogenetische Ueberlegungen zur räumlichen Wahrnehmung wurden grösstenteils vernachlässigt, obwohl gerade hier wichtige Gesichtspunkte zur Beantwortung von entwicklungsabhängigen Gesetzmässigkeiten zu berücksichtigen gewesen wären.

Ich nehme aber an, dass eine Leistungsverminderung in räumlichen Funktionen durch eine Hirnschädigung nicht in umgekehrter Richtung der Entwicklungsgesetze folgt. Der Grad der Leistungsabnahme scheint vielmehr durch die fokale oder multifokale, unilaterale oder bilaterale Repräsentation von Funktionsbereichen im Hirn bestimmt zu sein.

Die Art der Dekodierung perzeptiv-räumlicher Stimuli ist nicht immer ohne weiteres vorauszusagen, obwohl die Mehrzahl solcher Konfigurationen eher eine globale Verarbeitung vermuten lässt. Ebenfalls das Komplexitätsniveau bestimmter Stimuli ist oft schwer im voraus zu beurteilen. Somit werden wohl diese Ueberlegungen bei der Zusammenstellung eines Untersuchungs-Instrumentes berücksichtigt, können aber erst wieder durch die Ergebnisse bestätigt werden. Daraus müsste folgen, dass theoretisch zuerst einige Vorstudien notwendig wären, um das Testinventar auf Gültigkeit der implizierten Annahmen zu prüfen. In diesem Sinne muss die vorliegende Untersuchung als Pilot-Studie verstanden werden.

Für die Aufgabenauswahl entscheidend war, dass möglichst unterschiedliche perzeptiv-räumliche Fähigkeiten von einem elementaren bis zu einem komplexen Niveau überprüft wurden.

Als elementarste Fähigkeit wurde die Orientierung eines einzigen Elementes, einer Linie, im Raum betrachtet. Die Linien-Orientierung wurde in verschiedenen Varianten intra-modal, inter-modal und in einer visuo-praktischen oder exekutiven Form untersucht. Als einfachste Version gilt der intra-modale, visuelle Vergleich von Linienrichtungen. Die inter-modale visuell-taktile Darbietung bedingt bereits eine Vermittlung zweier Modalitäten. Beim Einzeichnen von Linien-Orientierungen in ein Raster haben wir es zusätzlich mit einer visuo-praktischen oder exekutiven Aufgabenversion zu tun. Ueber die visuelle Erfassung kann darin eine motorische Kontrolle ausgeübt werden. Ferner wurde bei dieser Testvariante

eine Gedächtniskomponente durch zeitlich verzögerte Darbietung von Vorlagestimulus und Raster eingeschaltet.

Bei der Wahrnehmung von Formen sind etwas komplexere Prozesse enthalten, da sukzessive Änderungen von Orientierungen erfasst werden müssen, vorausgesetzt, dass nicht die ganze Form auf einmal wahrgenommen wird. Die intra-modale taktile Formdiskrimination, bei der mit den Fingerspitzen die Form erschlossen werden muss, entspricht einer solchen Aufgabe. In der visuellen Modalität kann normalerweise mehr als ein Bruchteil der Form simultan erfasst werden. Durch Uebereinanderschieben von Figuren entstehen Interferenzen, die in gewissem Sinne auch ein sukzessives Absuchen der Figur provozieren, obwohl eine solche visuelle Aufgabe nicht in gleichem Masse Gedächtnisinhalte wie die taktile Aufgabe einschliesst. Wenn von figuraler Wahrnehmung die Rede ist, taucht weiter auch der Begriff der Wahrnehmungs-Geschwindigkeit von Konfigurationen auf, den die Intelligenzforschung von Thurstone (1941) prägte. Das genaue und treffsichere Wahrnehmen von visuell dargebotenen Konturfiguren und Muster kann in einem Test geprüft werden, in dem eine Reihe von Figuren nach Identität verglichen werden müssen.

In der Formwahrnehmung ist ebenfalls die Wahrnehmung von Merkmalen von Figuren enthalten. Die Meinungen gehen allerdings auseinander, ob Formen als Ganzes (Köhler 1940) oder in ihren Teilmerkmalen (Hebb 1949) erfasst werden. In einer Testvariante zur taktilen Formdiskrimination kann versucht werden, die Wahrnehmung von Ähnlichkeiten oder Figurmerkmalen zu prüfen. Solche Figuren können geometrische Merkmale wie Parallelität, Konvexität, Geschlossenheit gemeinsam haben, oder sich in formalen Merkmalen wie Grösse, Kontur, Lage, Seitenzahl und Winkel unterscheiden. In einem intra-modalen visuellen Test können ebenfalls Figuren in einem Wahlverfahren nach Ähnlichkeit oder gemeinsamen Merkmalen bestimmt werden. Ich gehe dabei davon aus, dass vermutlich bei ganzheitlichem Erfassen eher geometrische Kriterien Ähnlichkeit bestimmen.

Wenn von Raumwahrnehmungs-Verarbeitung die Rede ist, gehört als weitere komplexere Funktion die Fähigkeit zu reversiblen räumlichen Operationen oder die Vorstellung räumlicher Objekte und derer Beziehungen dazu. Solche Fähigkeiten, sich gedanklich im zwei- und dreidimensionalen Raum zu orientieren und zu bewegen, haben für den Menschen neben der Sprache grosse Bedeutung. Denkprozesse, die nicht sprachliche Inhalte haben, bestehen häufig aus jenseits von direkter Wahrnehmung liegenden visualisierten oder operationalisierten (schematisierten) Vorstellungen räumlicher Inhalte. Bei Raumvorstellungs-Test muss zwischen zwei- und dreidimensionaler Raumvorstellung unterschieden werden. Zudem gibt es Aufgaben, die ein direktes Nachvollziehen und damit Visualisieren ermöglichen, während andere Aufgaben nur abstrakt und in der Vorstellung allein gelöst werden können. Bei der Testauswahl müssen diese beiden Aspekte berücksichtigt werden.

Es scheint zudem nützlich, in das Testinventar einige der bereits erprobten Verfahren aufzunehmen. Darunter ist die von Rey (1959) in die klinische Arbeit eingeführte geometrische Figur zu zählen, die sowohl direkt ab Vorlage kopiert wie aus dem Gedächtnis gezeichnet werden muss.

Eine exekutive Komponente enthält auch der Test des Würfelvervollständigens, der einer Idee von Hécaen und Assal (1970) entstammt.

Für die Prüfung der Orientierung am eigenen Körper entspricht der Körperschema-Test nach Semmes et al. (1963) einem möglichst sprachfrei durchführbaren Test. Dieser Test ist aber recht komplex, da sowohl links-rechts Differenzierungen, wie auch vorstellungsmässiges Umstellen beinhaltet sind.

6.2.1. Visuelle und taktile Raumsinn-Funktionen

Nach der generellen Darstellung der einzelnen ausgewählten perzeptiv-räumlichen Funktionsbereichen werden in der Literatur beschriebene Untersuchungen dazu zusammengestellt. Nicht alle diese Funktionsbereiche haben direkte Bezüge zur Literatur. Es werden zum Teil auch Experimente zitiert, die verwandte Bereiche untersuchten, und deren Essenz wichtige Hinweise für die vorliegende Arbeit gaben.

6.2.1.1. Linien-Orientierung

Wie bereits in den Untersuchungen von Warrington und Rabin (1970) und Atkinson und Egith (1973) mit hirngeschädigten Patienten wurde die visuelle Linien-Orientierung auch von Fontenot und Benton (1972) tachistoskopisch bei rechtshändigen Versuchspersonen untersucht (Siehe auch Kimura und Durnford 1974). Die Resultate zeigten eine signifikante linke Gesichtsfeldüberlegenheit für die Beurteilung von tachistoskopisch dargebotenen Linienrichtungen, während Wörter im rechten Gesichtsfeld besser und schneller erfasst wurden.

Diese Befunde stimmten mit den Ergebnissen der Experimente von Benton, Levin und Varney (1973) über Linien-Orientierung in der taktilen Modalität bei rechtshändigen Studenten überein. Die untersuchten Studenten identifizierten mit der linken Hand die Linienrichtungen besser. Carmon und Benton (1969) und Fontenot und Benton (1971) untersuchten die taktile Linien-Orientierung bei Patienten mit Hirnläsionen und fanden signifikante Leistungseinbußen bei Patienten mit Läsionen im rechten posterioren Quadranten.

Aus der Übereinstimmung der Resultate in der visuellen und taktilen Modalität schlossen Benton et al. (1975) auf einen supra-modalen Raumfaktor, der für die richtige Einschätzung von Linienrichtungen zuständig ist.

In einer Untersuchung mit hirngeschädigten Patienten, in der visuell je zwei Linien mit einem Standard verglichen werden musste (Benton et al. 1978), waren die Patienten mit linksseitiger Läsion unauffällig. Sie lagen innerhalb der bei Normalen erhobenen Normen. Von den rechtsseitig geschädigten Patienten schnitten 40% unter dieser Norm ab. Alle diese Patienten hatten die Läsion im rechten posterioren Quadranten, d.h. parietal bis parieto-okzipital.

In einem Experiment mit Kindern zeigten Rudel und Teuber (1963), dass dreijährige Kinder schräge Linien nicht differenzieren können und bei vierjährigen Kindern nur wenige zu dieser Diskrimination fähig sind. Vertikale und horizontale Linien werden jedoch von Drei- bis Vierjährigen ohne Mühe diskriminiert. Diese Resultate wurden auf dem Hintergrund der neurophysiologischen Untersuchungen von Hubel und Wiesel (1959) und der zentralen Rolle des Lagesinnes für vertikale und horizontale Positionen diskutiert.

Interessant ist das Experiment von De Renzi, Faglioni und Scotti (1971), da es sich nicht um Linien-Orientierung auf einer Abbildung handelte, sondern um eine Richtungs-Orientierung im Raum. Die Testanordnung bestand aus zwei Stäben, die in der Mitte ein Scharnier hatten, und deren oberer Teil in beliebiger Richtung eingestellt werden konnte. Das Experiment wurde inter-modal (mit visueller Kontrolle) und intra-modal (taktil) durchgeführt. Beim Versuch unter visueller Kontrolle durfte das Modell nicht berührt werden. Bei der taktilen Durchführung war das Modell hinter einem Vorhang und konnte nur durch Abtasten mit der zur Läsion ipsilateralen Hand erfasst werden. Gemessen wurden in beiden Experimenten die Abweichungen der beiden Stäbe von der Vertikal- und der Horizontalebene. Die Position links und rechts des Modells wurde getrennt verrechnet und ebenso nach Modalität getrennt. Keine der separat berechneten Variablen wies aber signifikante Interaktion auf, während eine über alle Variablen kombinierte Verrechnung eine signifi-

kante Unterscheidung zwischen den rechtsseitig Geschädigten mit Gesichtsfeldausfällen und den übrigen Patienten- und Kontrollgruppen ergab. Die übrigen Patienten unterschieden sich nicht von den Kontrollgruppen. De Renzi und seine Mitarbeiter schlossen aus diesem Befund auf Zuständigkeit des rechten posterioren Quadranten für solche einfachen Raumorientierungs-Funktionen.

In einem anderen Experiment (Pitblado 1979) wurde die Raumorientierung unter Einschluss des Lagesinnes untersucht. Normale Versuchspersonen mussten tachistoskopisch präsentierte, schräge Linien, die teils innerhalb eines Rahmens, teils ohne Rahmen dargeboten wurden, beurteilen. Die Lage der Versuchsperson war aufrecht. Als Parameter wurde die Reaktionszeit gemessen. Ohne visuellen Bezugsrahmen waren die Reaktionszeiten für das rechte Gesichtsfeld schneller. Bei Darbietung der Stimuli in einem gekippten, viereckigen Rahmen stiegen die Reaktionszeiten für beide Gesichtsfelder an, jedoch mit einem signifikant grösseren Wert für das rechte Gesichtsfeld. Der Autor schloss aus den Ergebnissen bei Gesichtsfeld ohne Rahmen auf eine Beteiligung linkshemisphärischer Mechanismen für diese Klasse räumlicher Beurteilungen. Die vorausgegangenen Untersuchungen, die eine rechtshemisphärische Dominanz belegten, basierten auf Untersuchungsanordnungen, die das Umfeld der Stimuli einbezogen.

6.2.1.2. Formwahrnehmung

Bei der Untersuchung der taktilen Wahrnehmung ist die Kenntnis der Funktionstüchtigkeit primärer sensorischer Erfassung notwendig. So muss wenigstens bekannt sein, ob die Sensibilität bei genügender Reizintensität noch eine Wahrnehmung erlaubt, oder ob die Reizaufnahme noch garantiert ist. Wenn diese erste Frage geklärt ist, kann die Formwahrnehmung taktil durch zwei- oder dreidimensionale Figuren, die abgetastet werden, oder durch Stimulusgabe direkt auf die Haut geprüft werden.

Reitan (1966) verwendete diese letztere Methode, indem vier Zahlen in zufälliger Folge mit einem Stift auf die Fingerspitzen beider Hände gezeichnet wurden. Die Patienten mussten diese Information erkennen.

Die taktile Form- und Objekterkennung mit zwei- oder dreidimensionalen Stimuli wurde von verschiedenen Autoren untersucht (Semmes 1965; Ghent et al. 1955; Weinstein et al. 1955). In diesen Untersuchungen mussten die Patienten eine vorgegebene Form mit der einen Hand abtasten und mit der anderen Hand aus einer Auswahl herausuchen. Es zeigte sich dabei, dass bei Patienten, die ein Defizit aufwiesen, nicht nur die zur Hirnläsion kontra-laterale Hand zu diesem Leistungsdefizit beitrug, sondern beide Hände. Zu diesen Resultaten kamen die Autoren auch, wenn vorausgegangene Prüfungen der Sensibilität der Hände kein sensorisches Defizit ipsilateral zur Läsion zeigten. Diese Ergebnisse bestätigten, dass taktile Formdiskriminations-Störungen ein grundlegendes Defizit darstellen und nicht allein durch unilaterale somato-sensible Ausfälle erklärbar sind. In einer ähnlichen taktilen Untersuchung fanden Teuber und Weinstein (1954) vorallem bei rechtstemporalen Hirnläsionen eine signifikante Leistungsver schlechterung.

De Renzi und Scotti (1969) verwendeten dreidimensionale Holzfiguren, von denen jeweils eine von den Patienten hinter einem Vorhang mit der zur Hirnläsion ipsilateralen Hand abgetastet werden musste, während visuell eine Auswahl von sechs solchen Figuren dargeboten wurde. Da immer nur einer Seite der Figur mit den Fingerspitzen nachgefahren werden durfte, handelte es sich um ein sukzessives Merken der einzelnen Seitenrichtungen und damit um ein allmähliches und möglicherweise visualisiertes Aufbauen der Form. Die eine Hälfte der Kontrollgruppe führte diese Aufgabe mit der rechten und die andere mit der linken Hand durch. Die Hirngeschädigten waren alle signifikant schlechter als die jeweilige Kontrollgruppe, die die Aufgabe mit der gleichen

Hand ausführte. Es zeigte sich auch ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den beiden Hemisphären. Die schlechter abschneidende rechtshemisphärische Gruppe wies jedoch intra-hemisphärisch keine signifikanten Unterschiede auf. Dies bedeutet, dass im Gegensatz zur Linien-Orientierungsaufgabe in der taktilen Formerkennung keine so eindeutige posteriore Zuordnung mehr möglich ist. Dies wurde mit dem bereits etwas komplexeren Niveau dieser Aufgabe begründet.

Die Befunde von Taylor und Warrington (1973) gaben ebenfalls Hinweise darauf, dass die visuelle Wahrnehmung von Grösse, Schattierung und Form nicht lateralisiert und nicht nur posterior lokalisiert ist. In einer räumlichen Lokalisationsaufgabe schnitten hingegen die rechtsposterioren Patienten signifikant schlechter ab. Dies wurde damit erklärt, dass nur Aufgaben, die eine räumliche Komponente oder Raumorientierung einschliessen selektiv für rechtsposteriore Hirnschädigungen sind, was aber nicht für das visuelle Erkennen sinnvoller Figuren oder Objekte zutrifft. In einem anderen Experiment untersuchten Warrington und Taylor (1973) die Identifikation von Objekten verschiedener Grösse, von unvollständigen Figuren und die Figur-Grund-Diskrimination. Die Identifikation von Objekten verschiedener Grösse war bei hirngeschädigten Patienten signifikant schlechter, aber die verschiedenen Läsionsgruppen unterschieden sich nicht voneinander. Für die Identifikation fragmentarischer Figuren schnitten die Patientengruppen ebenfalls signifikant schlechter ab, als die Kontrollgruppen. Zudem zeigte sich ein signifikantes Leistungsdefizit bei der rechtsposterioren Gruppe im Vergleich zu den übrigen Patientengruppen. Obwohl die rechtshemisphärisch Geschädigten in der Figur-Grund-Diskrimination gegenüber der Kontrollgruppe signifikant schlechter abschnitten, war zwischen den Läsionsgruppen kein solcher Unterschied feststellbar. Diese Ergebnisse bestätigten erneut, dass die Formwahrnehmung, auch bei Grössenvariation nicht eindeutig der rechten Hemisphäre zugeordnet werden kann, während Gestalterschliessung aus unvollständigen Stimuli einer rechtsposterioren Zuordnung standhält.

Ockleford et al. (1977) untersuchte bei Affen die Formwahrnehmung. Es wurden normale Affen und Affen mit bilateral perietalen und lateral frontalen Läsionen getestet. Es wurde Formdiskrimination gelernt und anschliessend mussten Formen erkannt werden, auch wenn die Kontur verändert wurde. Das gleiche wurde mit vertikalen und horizontalen Linien und einer Anzahl Linien mit verschiedener Distanz durchgeführt. Es ging darum, Teilelemente nach ihrer Nähe zu gruppieren, so dass bestimmte, vorher gelernte Formen oder Muster erkannt werden konnten. Die operierten Affen zeigten bei dieser Art von Aufgaben keine klare Leistungsabnahme gegenüber den gesunden Affen. Die gleichen Autoren verwendeten in diesem Experiment ebenfalls eine komplexere Aufgabe. In dieser mussten zwei Gesichter differenziert und auf laterale und rotierte Spiegelbilder dieser Gesichter übertragen werden können. Die parietal operierten Tiere schnitten bei lateralen Spiegelbildern der gelernten Gesichter signifikant schlechter ab, aber nicht bei rotierten Spiegelbildern. Diese Befunde deckten sich teilweise mit jenen von Yin (1970), der bei parietal geschädigten Patienten ein spezifisches Defizit für das Erkennen von Gesichtern in normaler und rotierter Lage fand.

In einem tachistoskopischen Experiment mit gesunden Probanden (Umiltà et al. 1978) wurde nur für komplexe geometrische Figuren wie Vielecke mit zehn oder elf Seiten eine Ueberlegenheit des linken Gesichtsfeldes gefunden. Für einfache Figuren wie Dreiecke, Quadrate und sinnlose Figuren waren die Reaktionszeiten schneller, wenn die Stimuli im rechten Gesichtsfeld erschienen. Diese Ergebnisse wurden in dem Sinne interpretiert, dass die linke Hemisphäre die Diskriminierung einzelner einfacher Charakteristika leiste, während die rechte Hemisphäre zuständig sei, sobald räumliche Strategien notwendig werden.

Zusammenfassend darf festgehalten werden, dass die meisten Befunde über einfache Figur- oder Formwahrnehmung nicht mit

Sicherheit einer bestimmten Hirnstruktur zugeordnet werden konnten (De Renzi und Scotti 1969; Taylor und Warrington 1973; Umiltà et al. 1978; Warrington und Taylor 1973), während für Gestalterschliessungs-Aufgaben und Aufgaben, die räumliche Komponenten beinhalten, mindestens eine rechtshemisphärische Ueberlegenheit nachweisbar war (Nebes 1972; Newcombe 1974; Warrington und Rabin 1970; Warrington und Taylor 1973).

Die Gestaltpsychologie betrachtet die Figur-Grund-Diskrimination als für die Formwahrnehmung primärer und fundamentalere Vorgang. Munsinger und Gummermann (1967) stellten fest, dass Zehnjährige besser als Siebenjährige Figuren entdeckten, die durch regelmässig oder zufällig darüber gezogene Linien überdeckt waren. Mit zunehmendem Alter von fünf bis zwölf Jahren ist andererseits das Umschlagen von sogenannten Kippfiguren häufiger zu beobachten (Elkind und Scott 1962). Dies bedeutet, dass möglicherweise bei Kindern einmal identifizierte Figuren weniger labil und modifizierbar sind. Die Methode, die visuelle Formwahrnehmung durch das Uebereinanderlegen verschiedener Figuren oder Objekte zu erschweren, und damit die Fähigkeit der Figurgrund-Diskrimination zu prüfen, geht auf die Arbeit von Poppelreuter (1917) zurück. Eine Untersuchung mit überlappten und eingebetteten Figuren bei Kindern zwischen vier und acht Jahren (Ghent 1956) zeigte, dass die Identifikation eingebetteter Figuren mehr Mühe bereitete als das Erkennen überlappter Figuren, und dass sich die Leistung in beiden Aufgaben mit aufsteigendem Alter verbesserte. Die grössere Schwierigkeit, eingebettete Figuren zu erkennen, wurde darauf zurückgeführt, dass sich überschneidende Figuren leichter zu identifizieren sind, als solche, die gemeinsame Linien haben (eingebettete Figuren). Bereits Witkin (1950) fand bei Kindern grosse Schwierigkeiten, komplexere, in andere Figuren eingebettete Figuren zu erkennen.

Teuber, Battersby und Bender (1951) fanden in ihrem Experiment mit hirnverletzten Patienten, das beim Nachzeichnen komplexer Figuren, die in eine Grundfigur eingebettet waren, alle Patienten signifikant schlechter als eine Kontrollgruppe abschnitten. Die Patienten wurden in eine anteriore, eine posteriore und eine dazwischen liegende Gruppe eingeteilt. Am signifikant schlechtesten schnitten dabei die Patienten mit posterioren Läsionen ab, etwas besser war die anteriore Gruppe und am besten die mittlere Gruppe. Eine Patientenauswahl der gleichen Population wurde ebenfalls mit überlappten Figuren getestet und zeigte eine wesentlich bessere Leistung in dieser Aufgabenart gegenüber den eingebetteten Figuren (Ghent 1956; Weinstein 1964; Teuber und Weinstein 1956).

De Renzi, Scotti und Spinnler (1969) wiesen für überlappte Objekte ein Defizit bei rechtshemisphärisch geschädigten Patienten nach. Luria (1965 und 1966) fand bei links okzipital geschädigten Patienten eine Schwäche, überschraffierte oder überlappte Buchstaben oder Wörter zu erkennen, während rechts okzipital Geschädigte eine solche Schwierigkeit für Objektzeichnungen aufwiesen.

Thurstone beschrieb den Faktor Wahrnehmungs-Geschwindigkeit als einer der bestgesichertsten, der auch immer wieder bestätigt werden konnte (Thurstone 1938 a + b und 1944; Thurstone und Thurstone 1941). Bei diesem Faktor geht es um die schnelle Erfassung simultan dargebotener visueller Reize. Häufig handelte es sich um Tests, in denen es darauf ankam, eine Vorlage rasch aufzufassen und in einem grösseren Umfeld einzuordnen oder mit mehreren Stimuli nach Gleichheit zu überprüfen. Newcombe (1969) verwendete bei hirngeschädigten Patienten eine visuelle Vergleichsaufgabe mit schwarzen und weissen Linienzeichnungen und schwarz-weissen Mustern. Sie mass die Antwortgeschwindigkeit und fand eine allerdings nicht signifikante Tendenz zu längerer Antwortzeit bei rechtshemisphärischen Läsionen. Es wurde in dieser

Untersuchung vermutet, dass tachistoskopische Präsentation möglicherweise über diesen Sachverhalt bessere Informationen ergeben würde.

In einem andern Experiment (Dee 1970), in dem eine "multiple choice"-Form des Visual-Retention-Tests von Benton angewendet wurde, konnte signifikant zwischen apraktischen und nicht-apraktischen Patienten unterschieden werden, wenn die Genauigkeit der Figurerfassung berücksichtigt wurde. Es gab aber auch einen Unterschied hinsichtlich der Läsionsseite. Patienten mit Läsionen in der rechten Hemisphäre hatten ein tieferes Leistungsniveau in der Figurerfassung als solche mit Läsionen in der linken Hemisphäre.

Die Untersuchung visueller Suchprozesse von Chédru et al. (1973) zeigte, dass Hirngeschädigte allgemein längere visuelle Suchzeiten aufweisen. Diese Zeitverlängerung war noch ausgeprägter für Konfigurationen im Feld kontra-lateral zur Läsion. Meistens begann der Suchprozess im Feld ipsi-lateral zur Läsion. Allgemein konnte im Vergleich mit einer Kontrollgruppe ein gestörtes Planungsverhalten beim visuellen Absuchen von Stimuli beobachtet werden.

6.2.1.3. Wahrnehmung von Ähnlichkeit und Teilmerkmalen

In der Literatur sind wenig Untersuchungen zu finden, in denen taktile Wahrnehmung nicht nur in einer einfachen Vergleichsaufgabe geprüft wurde, sondern in denen die erstasteten Stimuli zu einem Ganzen ergänzt werden mussten. Talland (1965) untersuchte das Gestalterschliessungs-Phänomen in der taktilen Modalität. Er bot unvollständige Stimuli in drei Unvollständigkeitsgraden dar. Bei einem Misserfolg wurde der nächste etwas informationsreichere Stimulus dargeboten. Normale Probanden identifizierten die einfachen Stimuli (z.B. eine einstellige Zahl) mehrheitlich nach dem zweiten Tastversuch, während für ein kurzes dreistelliges Wort die Identifikationsrate bedeutend schlechter war. In diesem Experiment ging es darum, taktile erfasste Teilinformationen durch Visualisation oder Vorstellung zu einem sinnvollen Ganzen zu ergänzen.

Auf dem Gebiet der Entwicklungspsychologie befasste sich Piaget und seine Mitarbeiter (1948) mit dem Problem der Wahrnehmung geometrischer Kriterien beim Kinde. Die räumlichen Operationen, die im Laufe der Entwicklung vom Kinde konstruiert werden müssen, sind nach Piaget und Inhelder (1947), in der Reihenfolge ihres Aufbaues, der topologische, projektive und der euklidisch-metrische Raum. Zur Erfassung der ersten räumlichen Dimension beim Kinde wurde untersucht, wie das Kind unterschiedliche Gegenstände ohne visuelle Stimulation allein durch Betasten wieder erkennt. In diesen Versuchsreihen wurde deutlich, dass sich das Vorschulkind in anderen räumlichen Begriffen orientiert als Erwachsene. Es benützt als Grundlage räumlicher Orientierung elementare, nicht-metrische, topologische Relationen wie Nähe, Trennung, Aufeinanderfolge, Eingeschlossenheit und Kontinuität. Erst später fast gleichzeitig entwickelt sich der projektive und euklidische Raum. Damit ist das Verständnis der Perspektive, der Projektion von Schatten und von Flächenabwicklungen verbunden. Mit dem euklidischen Raum kommt die Beherrschung der Koordination von Perspektiven und das System von untereinander kombinierbaren und reversiblen räumlichen Operationen. Dies bedeutet aber auch die Vorstellung von räumlichen Dimensionen. Die Untersuchungen von Piaget basierten allerdings auf sehr wenigen Versuchspersonen und sind kaum replizierbar, da die Beobachtungen nicht klaren Experimentalsituationen entsprachen. Zudem können entwicklungspsychologisch gültige Erkenntnisse nicht auf Experimente mit Erwachsenen übertragen werden, sondern dienen bloss zur Abrundung der erwähnten Forschungsansätze.

Eine neuropsychologisch orientierte Untersuchung in der visuell-taktilen Modalität, mit dem Ziel verschiedene Geometrien als Variablen einzusetzen, wurde von Franco und Sperry (1977) durchgeführt. Es wurden zwei- und dreidimensionale Figuren verwendet. Aus einer Auswahl von drei taktil dargebotenen Figuren, die hinter einem Vorhang abgetastet werden mussten, war diejenige Figur zu bestimmen, die

am besten zu einer visuell dargebotenen Auswahl von fünf Figuren passte. Die gleiche, identische Figur kam dabei nie vor. Die Figuren waren nach euklidischen, affinen, projektiven und topologischen Kriterien gruppiert. Das Experiment wurde je mit beiden Händen durchgeführt, wobei mit der linken Hand begonnen wurde. Die Versuchspersonen bestanden aus kommissurotomierten Patienten und einer normalen Kontrollgruppe. Die Ergebnisse zeigten eine fast gleichwertige Leistung der linken und rechten Hand für euklidische Figuren, während ein klarer progressiver Leistungsabfall für die rechte Hand von den Figuren mit affinen über solche mit projektiven zu jenen mit topologischen Geometriemerkmalen zu verzeichnen war. Die linke Hand zeigte diesen Leistungsabfall nicht. Franco und Sperry begründeten diese Befunde damit, dass die rechte Hemisphäre vor allem überlegen ist, wenn es darum geht, räumliche Faktoren in ihrer Gesamtheit zu erfassen, was für topologische Aspekte zutrifft. Euklidische Merkmale können andererseits ebenso gut detail-analysiert werden und sind somit für die linke Hemisphäre ebenso gut zu verarbeiten. Es wurden ebenfalls bessere Verbalisierbarkeit und grösserer Bekanntheitsgrad der euklidischen Formen angeführt, die allein jedoch den klaren Leistungsunterschied der linken und rechten Hand kaum voll erklären dürften.

6.2.1.4. Raumvorstellung

Bei den Untersuchungen, die räumlich-reversible Operationen oder Raumvorstellung prüften, wurden meist Objekte oder abstrakte Konfigurationen in verschiedener Sicht oder Perspektive dargeboten. Es handelte sich um das Erkennen von Stimuli in veränderter Gestalt oder in veränderter Lage. In gewissen Situationen ist eine aktive, vorstellungsmässige Lageveränderung von Stimuli notwendig, um sie in bekannte Konfigurationen zurückzuführen. In andern Fällen dienen bestimmte Merkmale von Konfigurationen oder Objekten dazu, sie als solche zu erkennen. Häufig ist ein zusätzliches Einbeziehen des subjektiven Standpunktes notwendig.

Piaget und Inhelder (1947) haben auch bei Kindern solche Prozesse untersucht. In einem Versuch, in dem Kindern verschiedenen Alters drei Berge aus Pappmaché vorgesetzt wurde, die sie aus verschiedenen Blickwinkel als gleich zu erkennen hatten, konnte gezeigt werden, dass erst zwischen sieben und zehn Jahren diese Fähigkeit entwickelt ist. Das Kind muss sich des subjektiven Blickpunktes bewusst sein, um ihn mit andern möglichen Blickpunkten zu koordinieren.

In neuropsychologischen Untersuchungen fragte man sich, wann solche entwickelte und gelernte Fähigkeiten gestört sind. Eine relativ einfache derartige Aufgabe gaben War-rington und Taylor (1973) in ihrer Untersuchungsserie über visuell-räumliche Funktionen. Fotografien von realen Objekten in gewohnter und weniger gewohnter Ansicht wurden dargeboten. Die weniger gewohnte Ansicht war dabei so gewählt, dass sie auf Bildern weniger häufig vorkommt, aber doch im Alltag als bekannt angenommen werden durfte. In gewohnter, konventioneller Ansicht wurden die Objekte von den Patienten mehrheitlich richtig erkannt, und es gab keine Unterschiede zwischen den Patienten- und Kontrollgruppen. In weniger gewohnter, unkonventioneller Ansicht waren die linksseitig Geschädigten gleich gut wie die Kontrollgruppe, während die rechtsseitig Geschädigten signifikant weniger korrekte Antworten erzielten. Die rechts posterior Geschädigten waren auch deutlich schlechter als die links posteriore Gruppe.

De Renzi und Faglioni (1967) gaben Patienten zwölf um 180 Grad rotierte Muster, die mit einem Muster auf der Vorlagekarte verglichen werden mussten. Innerhalb einer Zeitlimite von 40 Sekunden war das identische Muster anzugeben. Die Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen waren etwas schlechter als diejenigen mit linkshemisphärischen Läsionen, wobei der Unterschied knapp signifikant war. Die Anwesenheit von Gesichtsfeldausfällen (posteriore Gruppen) ergab hingegen eine hochsignifikante Leistungsverminderung.

Die Interaktion von Hemisphäre und Gesichtsfeldausfall war dagegen nicht signifikant. Diese Befunde sind mit den Ergebnissen von Butters und Barton (1970) vereinbar.

In einer Untersuchungsserie von Butters und Barton (1970) und von Butters, Barton und Brody (1970) wurden neben cross-modalen Aufgaben reversible räumliche Operationen bei gesunden Personen und solchen mit leichten und schweren unilateralen parietalen Schädigungen angewendet. Aus einem kurzen Ueberblick zu den Resultaten in den reversiblen Raumoperationen darf geschlossen werden, dass für solche Aufgabenstellungen sowohl die linke wie die rechte posteriore Hemisphäre zuständig ist. Die schweren links parietalen Schädigungen verursachten ebenso wie die schweren rechts parietalen Schädigungen ein signifikantes Defizit gegenüber dem Leistungsniveau der übrigen Gruppen. Es wurde eine Rotationsaufgabe mit Stäbchen durchgeführt, in der vom gegenüberstehenden Versuchsleiter vorgelegte Muster mit Stäbchen um 180 Grad gedreht in gleicher Lage zum Ausführenden reproduziert werden musste. Dabei schnitten die parietalen Gruppen mit schweren Läsionen unabhängig von der Seite signifikant schlechter ab. In einem anderen Versuch wurde ähnlich dem "drei-Berge-Versuch" von Piaget eine Dorfszene aufgebaut. Die Probanden mussten aus einer Auswahl von Fotografien die Ansicht heraussuchen, die jeweils von der Position des Versuchsleiters gesehen wurde. In diesem Test schnitten die rechts parietal Geschädigten am schlechtesten ab, und zwar auch schlechter als die links parietal Geschädigten. Diese wiederum waren ebenfalls signifikant schlechter als die übrigen Gruppen. In einem sogenannten "pool reflection"-Test wurden vier Auswahlfiguren und eine Modellfigur gezeigt. Daraus musste diejenige Figur gewählt werden, die der Modellfigur entsprach, aber um 180 Grad gedreht war. In dieser Aufgabe wiesen ebenfalls die rechts parietalen Patienten mit schweren Läsionen, aber auch die links parietalen Patienten mit leichten und schweren Läsionen ein signifikantes Defizit auf. Für reversible räumliche Operationen hatten demnach

rechtsseitige wie linksseitige Läsionen ein Leistungsdefizit zur Folge. Nur beim Dorfszene-Test war das Defizit bei den rechtsseitigen parietalen Läsionen am ausgeprägtesten. Es wäre jedoch voreilig, daraus eine Dominanz der rechten Hemisphäre für räumliche Rotationen abzuleiten, da bereits andere Studien eine Beeinträchtigung solcher Funktionen bei rechtsseitigen wie linksseitigen Läsionen darlegten (Semmes et al. 1955 und 1963).

In einer der jüngsten Untersuchungen zum Rotationsproblem (Ratcliff 1979) mussten Rechts-Links-Urteile bezüglich schematisierten Darstellungen eines Menschen in aufrechter und umgekehrter Position abgegeben werden. Es wurden Patienten mit rechts, links und bilateral liegenden Hirnläsionen untersucht. Die Patienten mit Läsionen rechts postzentral machten weniger Fehler als die Gruppe mit Läsionen links postzentral, wenn die Zeichnungen den Menschen aufrecht dargestellt zeigten, dagegen signifikant mehr Fehler, wenn die Figur in umgekehrter Position dargeboten wurde. Diese Ergebnisse bestätigten einerseits, dass das schlechtere Abschneiden der links posterioren Gruppe bei der aufrechten Lage der Figur auf eine Links-Rechts-Orientierungsschwäche rückführbar sein könnte (Semmes et al. 1963), während das Defizit der rechts posterioren Gruppe für die Beurteilung der umgekehrten Figuren auf eine rechtshemisphärische Beteiligung bei vorstellungsmässigen Rotationen und allgemein gedanklichen Raumoperationen schliessen liesse (Taylor 1972; Butters et al. 1970).

6.2.1.5. Räumliche Funktionen und Gedächtnis

Bei Figur-Muster-Vergleichen stellt sich immer wieder die Frage, ob Defizite in solchen visuell- und taktil-perzeptiven Funktionen im richtigen Erfassen und Erkennen oder in mangelnden Speicherprozessen liegen. Butters et al. (1970) gingen von den Ergebnissen von Butters und Barton (1970) und Butters und Brody (1968) aus, die belegten, dass Defizite

bei räumlichen reversiblen Operationen unabhängig von visuellen Erkennungsschwierigkeiten auftraten. Sie folgerten daraus, dass die Unfähigkeit zur gedanklichen Rotation von Figuren auf der primären Störung, diese Figuren vorstellungsmässig zu speichern, basieren könnte. Es wurde in diesem Experiment versucht, Diskriminations- und Gedächtnisprozesse zu trennen, indem unter anderem geometrische Muster simultan mit einer Vorlagefigur verglichen werden mussten. In weiteren Durchgängen wurde jeweils mit einer um 3, 9 und schliesslich um 18 Sekunden verzögerter Darbietung gearbeitet. In dieser Aufgabe wiesen sowohl Patienten mit links wie rechts parietalen Läsionen ein signifikantes Defizit für verzögerte Darbietung auf, während die reine simultane Erfassungsaufgabe keinen Unterschied zwischen Kontrollpersonen und Patienten und innerhalb der Patienten-gruppen ergab.

Kimura (1963) prüfte das nicht-verbale Gedächtnis mit dem sogenannten Recurring-Figures-Test. Es wurden dabei teils geometrische, teils unregelmässige sinnfreie Strichzeichnungen verwendet. Kimura (1963) sowie Milner (1967) wiesen nach, dass sich dieser Test insbesondere zur Feststellung von Gedächtnisstörungen im nicht-sprachlichen Bereich bei hirngeschädigten Patienten eignete. Im deutschen Sprachraum erhoben Hartje und Rixecker (1978) Normen für diesen Test an einer deutschen Stichprobe.

In der taktilen Modalität untersuchte Milner (1971) mit sinnlosen Drahtfiguren das Gedächtnis bei kommissurotomierten Patienten. Nach Einführungsversuchen ohne zeitliche Verzögerung zwischen dem Erfassen des Modells und vier Auswahlstimuli wurde eine Verzögerung mit aufsteigender Zeitdauer eingeführt. Sechs von sieben Patienten erreichten mit der linken Hand eine bessere Leistung, was auf eine bessere Speicherung komplexer perzeptiver Stimuli in der rechten Hemisphäre schliessen lässt.

Daneben wurden viele Untersuchungen des visuell- (Benton 1965; Warrington und James 1967 a) und taktil-perzeptiven Gedächtnisses (De Renzi, Faglioni und Scotti 1968 und 1969; Teuber und Weinstein 1954) durchgeführt, die die Bedeutung der posterioren, bilateralen Hirnareale betonten.

6.2.1.6. Konstruktiv- oder visuo-praktische Fähigkeiten

Konstruktiv- oder visuo-praktische Störungen wurden bereits häufig beschrieben, sind aber trotz klarer klinischer Darstellungen bis heute noch wenig definiert und kontrovers. Auf diese Probleme wiesen auch Benton (1967) und Warrington (1969) in ihren Uebersichtsarbeiten hin.

In einer Studie von Benson und Barton (1970) wurden Patienten mit umschriebenen Hirnläsionen mit verschiedenen solchen Tests geprüft. Es wurden Reaktionszeiten gemessen und die Fähigkeiten des Kopierens einfacher und komplexer Figuren, das Zusammensetzen von Figuren (Puzzles), das Musterlegen mit Stäbchen und das Einsetzen von Figuren in Vorlagen geprüft. Eine Varianzanalyse zeigte nur in der Interaktion von Läsionsort und Läsionsseite Signifikanz. Zudem unterschieden sich die Patientengruppen von den Kontrollgruppen. Die Resultate der einzelnen, verwendeten Subtests zeigten jedoch, dass es keine einheitliche, konstruktiv-praktische Störung gibt, sondern dass sich diese Funktion aus verschiedenen Faktoren zusammensetzt.

Von diesen Ueberlegungen ausgehend wurde in der vorliegenden Untersuchung die Tests auf das zeichnerische Umsetzen eingeschränkt. Die konstruktiv-praktische Komponente ist also in einer grafisch-exekutiven Antwort enthalten.

Rey (1941) verwendete bei hirngeschädigten Patienten eine komplexe, geometrische Figur, die zuerst ab Vorlage abgezeichnet und später nochmals frei aus der Erinnerung reproduziert werden musste. Dieser Test wurde von Osterrieth (1944)

standardisiert, indem aus einer Vielzahl von Untersuchungen sieben Strukturierungs- und Programmierungs-Typen abgeleitet wurden. Die Verrechnung und Normierung der einzelnen gezeichneten Elemente erfolgte nach Anzahl richtig reproduzierter Elemente und unvollständigen oder verschobenen Elementen. In der Neuropsychologischen Abteilung des Universitätsspitals Zürich wird eine modifizierte Verrechnungsversion verwendet, die die Fehlerberechnung in Verschiebungen und Entstellungen der Elemente differenziert. In den Untersuchungen von Osterrieth (1944) zeigte sich die Reproduktion aus dem Gedächtnis empfindlich für hirngeschädigte Patienten. Gegenüber den Kontrollpersonen hatten diese eine breite Streuung.

In einer klinischen Untersuchung bei links und rechts temporal geschädigten Patienten wies Taylor (1969) ein signifikantes Defizit bei Patienten mit rechts temporaler Läsion nach operativem Eingriff nach, welches in der unmittelbaren Wiedergabe ab Vorlage und in der Reproduktion aus dem Gedächtnis nach 45 Minuten auftrat. Vor dem operativen Eingriff zeigte sich bei den rechts temporal Geschädigten nur im Gedächtnis eine signifikante Minderleistung, aber nicht in der Kopie. Die links temporalen Patienten erreichten eine fast originalgetreue Kopie und ebenfalls gute Gedächtnisleistungen, und zwar sowohl vor wie nach dem operativen Eingriff.

Ein weiterer visuo-praktischer Test wurde von Hécaen und Assal (1970) eingeführt. Innerhalb einer Testserie, die diese Autoren bei hirnverletzten Patienten durchführten, wurde die Vervollständigung von dreidimensionalen Würfelzeichnungen verlangt. Von diesen Würfeln waren als Hilfestellungen bereits bestimmte Seiten gezeichnet, so dass innerhalb gegebener Grundelemente ein Würfel konstruiert werden musste. Die Ergebnisse bestätigten die Annahme, dass die vorgegebene Programmierung die Kopie der Würfel für linksseitig geschädigte Patienten erleichterte, während

die rechtsseitig Geschädigten gerade durch den Programmierungseffekt behindert wurden und somit schlechter abgeschnitten. Diese Resultate zeigten, dass apraktische Patienten auf dem Boden linksseitiger Hirnschäden Schwierigkeiten hatten, ein Aktionsprogramm zu entwerfen, während rechtsseitig Geschädigte nicht fähig waren, ein solches vorgegebenes Programm in die Ausführung einzubeziehen.

6.2.1.7. Orientierung am eigenen Körper

Obwohl die theoretischen und klinischen Aspekte des Körperschemas, wie sie in der Literatur beschrieben sind, nicht mehr ohne weiteres haltbar sind (Poeck 1975; Poeck und Orgass 1971), wurde der von Semmes et al. (1963) beschriebene Körperschema-Test in die Testserie aufgenommen. Bereits Semmes et al. (1963) hielten fest, dass diese Funktion wenig einheitlich wäre, und viele Faktoren in dieses Verfahren eingingen. Poeck (1975) hielt die Körperschema-Störung wie auch die Links-Rechts-Differenzierung als neuropsychologische Symptome ohne eigenständige Bedeutung, da deren Etikettierung ohne nähere Spezifizierung keinen diagnostischen Wert besäße. Die Orientierung am eigenen Körper wird in dieser Untersuchung operationalisiert auf den von Semmes et al. entwickelten Test bezogen. In diesem Test werden Körperteile nicht am eigenen Körper abgefragt, sondern bestimmte Körperteile auf schematischen menschlichen Figuren sind auf den eigenen Körper zu übertragen. Damit wird eine möglichst sprachfreie Durchführung gewährleistet.

II EXPERIMENTELLER TEIL

7. MATERIAL UND METHODE

7.1. Zur Auswertung verwendete statistische Verfahren

Um die gewünschten Gruppenvergleiche auszuführen, wurden in einem varianzanalytischen Verfahren stets alle zwölf Gruppen miteinbezogen. Bei der ersten und hauptsächlichen Berechnung wurden die Gruppen mittels des unabhängigen Faktors der Hirnlokalisation, der sowohl die Läsionsseite als auch den Läsionsort enthielt, unterteilt. Weitere aufgenommene Faktoren, deren Wirkungen varianzanalytisch überprüft wurden, entsprachen den in den Fragestellungen enthaltenen zu behandelnden experimentellen Variablen. Die wichtigste gesamthafte Gegenüberstellung schloss somit den Vergleich zwischen den Kontroll- und Läsionsgruppen mit ein, wie auch die Lateralität der kortikalen Schädigungen. Mit dem Verfahren der "Kontrast"-Bildung konnten sämtliche Gruppen miteinander wie auch in Verbänden mit einzelnen Gruppen oder Gruppierungen verglichen werden.

Da die einzelnen Läsionsgruppen nach Seite und Lokalisation differenziert worden waren und ganze Gruppierungen mit multiplen t-Tests einander gegenüber gestellt werden konnten, wurden mittels dieses varianzanalytischen Verfahrens die gleichen Informationen wie mit einer zweifachen Varianzanalyse gewonnen, die die Interaktion von Hemisphärenseite und Lokalisation einschliesst. Im Hemisphärenvergleich insgesamt und in den intra-hemisphärischen Vergleichen sind die Haupteffekte von Hemisphärenseite, bzw. Lokalisation enthalten, während in den inter-hemisphärischen Vergleichen

einzelner Lokalisationen der beiden Hemisphären die Aussage über die Interaktionen der Haupteffekte eingeschlossen ist. Im SAS User's Guide (1979) ist das angewendete varianzanalytische Verfahren (S. 237 - 263) mit Angaben weiterer Referenzen beschrieben. Aus dem gleichen Statistikprogramm wurden die Berechnungen für die Korrelationen (S. 173) und die Faktorenanalyse (S. 203) verwendet.

7.2. Prozedere

7.2.1. Instruktionen und Durchführung

Die einzelnen Tests hatten standardisierte Instruktionen, die den Probanden gegeben wurden. Falls Unklarheiten bestehen blieben, wurden weitere Erklärungen zur Testausführung gegeben, jedoch ohne interpretative Hinweise oder Hinweise darauf, was und welche Fähigkeiten damit gemessen werden sollten. Danach folgten stets eines oder zwei Übungsbeispiele anhand derer geprüft wurde, ob die Instruktionen auch richtig verstanden worden waren. Wenn das Übungsbeispiel misslang, durfte im Übungsbeispiel begrenzte Hilfestellung gewährt werden. Die Durchführung der ganzen Testserie erfolgte immer nach einer bestimmten standardisierten Reihenfolge, um gewisse Intertesteinflüsse und Lernprozesse für alle Versuchspersonen gleich zu halten.

Die Raumtest-Serie wurde in folgender Reihenfolge zusammengestellt. Die Kontrolltests waren zwischen die Raumtests verteilt, um eine Abwechslung von verbalen und perzeptiv-räumlichen Aufgaben zu gewährleisten.

1. Kurzes Einführungsgespräch
2. Kopie der Rey-Figur
3. Unimodale visuelle Linien-Orientierung
4. Unimodale taktile Formdiskrimination
5. Spatial-Test

6. Würfelvervollständigen
7. Token-Test
8. Ueberlappte Figuren
9. Inter-modale visuell-taktile Linien-Orientierung,
linke Hand oder mit Hand ipsilateral zur Läsion
10. Corsi-Test
11. Unimodale taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung
12. Dreidimensionale in ihrer Position veränderte Figuren
13. Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts
(Subtest aus HAWIE)
14. Inter-modale visuell-taktile Linien-Orientierung,
rechte Hand oder mit Hand kontralateral zur Läsion
15. Figur-Muster-Vergleich
16. Reproduktion der Rey-Figur aus dem Gedächtnis
17. MWT (Mehrfachwahl-Wortschatz-Test)
18. Linien-Einzeichnen mit verzögerter Darbietung
19. Linien-Einzeichnen mit simultaner Darbietung
20. Links-Rechts-Differenzierung
21. Unimodale visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung
22. Körperschema-Test nach Semmes

7.2.2. Untersuchungsdauer

Die benötigte Zeitdauer betrug bei den Kontrollgruppen um $2\frac{1}{2}$ Stunden und bei den Patientengruppen zwischen $2\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{2}$ Stunden. Wenn die Untersuchung länger als 3 Stunden dauerte, wurde nach dieser Zeit eine Pause eingeschaltet.

7.3. Experimentelle Gruppen

Die Hauptuntersuchung bestand insgesamt aus zwölf experimentellen Gruppen, davon zwei Kontrollgruppen und zehn Patientengruppen mit umschriebenen Hirnläsionen. Bei einer Voruntersuchung zur Ueberprüfung der Durchführbarkeit der Tests und der Verständlichkeit der Instruktionen, sowie zur Bestimmung der besten Reihenfolge und der ungefähren Untersuchungszeit standen zehn Probanden zur Verfügung, die nicht in der Hauptuntersuchung berücksichtigt wurden.

7.3.1. Kontrollgruppen

Als Versuchspersonen wurden 40 hirngesunde mit der Raumtest-Serie ambulant in der Neuropsychologischen Abteilung getestet. Voraussetzung war, dass unter diesen Probanden keine Personen mit einschlägigen Testerfahrungen oder -kenntnissen vertreten waren. Die zweite Kontrollgruppe bestand aus 15 spitalinternen, hirngesunden Patienten aus der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsspitals Zürich, welche wegen einer Läsion im peripheren Nervensystem, d.h. wegen einer Diskushernie (L4/L5 und L5/S1) behandelt wurden. Diese zweite Gruppe wurde gebildet, weil diese Patienten im Vergleich zu den zentralnervös geschädigten Patienten hinsichtlich Hospitalisations-Situation und auch möglichen Einwirkungen medikamentöser Behandlung ähnlich waren. Alle Personen der Kontrollgruppen waren Rechtshänder.

7.3.2. Patientengruppen

Die Patientengruppen setzten sich insgesamt aus 75 zentralnervös geschädigten Patienten zusammen, wovon 37 Patienten eine Läsion in der linken und 38 Patienten eine Läsion in der rechten Hirnhemisphäre aufwiesen. Um Patienten in die

endgültige Auswertung aufzunehmen, waren folgende Kriterien notwendig:

1. Der Fokus der Hirnläsion musste genau umschrieben sein.
2. Patienten mit massiven Sehschwächen und peripheren Sehstörungen sowie massiven somato-sensiblen Defiziten wurden ausgeschlossen.
3. Ebenfalls wurden Patienten mit mittleren bis schweren aphasischen Störungen ausgeschieden.

Die Kontrolltests dienten dagegen eher dazu, die Vergleichbarkeit der rechts- und linksseitigen Hirnläsionen hinsichtlich Schweregrad und Ausmass nachzuweisen. Von den 75 endgültig selektionierten Patienten wurden 68 Patienten prä-operativ und sieben Patienten post-operativ untersucht.

7.3.2.1. Lokalisation und Aetiologie der Hirnläsionen

Die Einteilung der Patienten nach Lokalisation erfolgte nachträglich gemäss Operationsbericht, Computertomographie und Enddiagnose als Kriterien. Bei dieser Klassifikation nach Läsionsort ergaben sich fünf sinnvolle Untergruppen pro Hirnhemisphäre. Somit wurden einheitliche Läsionsgruppen (mit ungleichem Stichprobe-Umfang) gewährleistet.

Im Text werden von nun an für die Experimentalgruppen folgende Abkürzungen verwendet:

Kontrollgruppen:

N	=	"normale" Versuchspersonen	}	Hirngesunde
DH	=	Diskushernie Patienten		

Läsionsgruppen:

BD	=	Gesamtheit der Hirngeschädigten (brain damaged)
LH	=	Linke Hemisphäre
RH	=	Rechte Hemisphäre

F	=	Frontal geschädigte Patienten
FT	=	Fronto-temporal geschädigte Patienten
T	=	Temporal geschädigte Patienten
TP	=	Temporo-parietal geschädigte Patienten
PO	=	Parieto-okzipital geschädigte Patienten

Die Läsionsseite ist mit einem vorangestellten L (links) oder R (rechts) gekennzeichnet.

Was die Aetiologie betrifft haben wir ein relativ ausgewogenes Verhältnis zwischen der linken und rechten Hirnhemisphäre. Unter den Läsionen sind neuroepitheliale Tumore, d.h. Glioblastom, Astrozytom und Oligodendrogliom; mesodermale Tumore, d.h. Meningeom, Angioblastom und Sarkom (nach Mumenthaler, S. 95, 1973) und sonstige raumfordernde Prozesse wie Hirnmetastasen, Zysten und Hirnabszesse und schliesslich auch vaskuläre Geschehen und Gefässmissbildungen zu finden (siehe Tab. 1, S. 83).

Tab. 1 Ätiologie und Topografie der Hirnläsionen

Aetiologie	Topografie der Läsion										
	Linke Hemisphäre					Rechte Hemisphäre					ED
	F	FT	T	TP	PO	F	FT	T	TP	PO	
	7	6	10	7	7	7	7	7	7	10	75
Neuroepitheliale Tumore:											
u.a.											
Glioblastom	5	2	2	4	1	5	1	4	3	3	30
Astrozytom											
Oligodendrogliom											
Mesodermale Tumore:											
u.a.											
Meningeom	2	3	1	-	2	1	4	1	2	1	17
Angioblastom											
Sarkom											
Sonstige raumfordernde Prozesse:											
u.a.											
Metastasen	-	-	4	-	3	1	-	1	-	1	10
Zysten											
Hirnabszesse											
Gefäßmissbildungen und vaskuläre Geschehen: *											
u.a.											
Angiom	-	1	3	3	1	-	2	1	2	5	18
Hämatom											

* umfasst keine traumatischen Blutungen

7.3.2.3. Alter der untersuchten Gruppen

Das Durchschnittsalter der verschiedenen experimentellen Gruppen ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Mit den angegebenen Werten wurde eine einfache Varianzanalyse gerechnet, die hochsignifikant war ($F(11,118)=4.88$; $p \leq 0.001$).

Aufgrund multipler t-Tests sind die N gegenüber den Patientengruppen hochsignifikant ($p \leq 0.001$) jünger. Weder zwischen den DH und den Patientengruppen ($p \geq 0.1$) noch zwischen den beiden Hemisphären ($p \geq 0.1$) ergeben sich signifikante Unterschiede. Die Gruppe N ist aber gegenüber den DH hochsignifikant jünger ($p \leq 0.001$). Zwischen den einzelnen lateral entsprechenden Läsionsorten sind nur die LT gegenüber den RT signifikant jünger ($p \leq 0.05$).

7.3.2.4. Geschlecht und Bildungsstand der experimentellen Gruppen

Wie aus nachfolgender Tabelle hervorgeht, ist das Verhältnis hinsichtlich des Geschlechts in den experimentellen Gruppen ziemlich ausgewogen. Es wurden wenig mehr Männer in der Untersuchung berücksichtigt.

Der Bildungsstand der Untersuchten wurde in Elementarschulbildung (7 bis 9 Jahre Primarschule), Sekundarschulbildung (mindestens 3 Jahre Real-, Sekundarschule oder Gymnasium) und Hochschulbildung (Universität oder höhere technische Lehranstalt) eingeteilt. Zahlenmässig überwiegen in Bezug auf alle untersuchten Personen in geringem Ausmass diejenigen Probanden, die die Sekundarschule besucht haben. Die Gruppe N unterscheidet sich etwas durch die grosse Anzahl an Hochschulabsolventen.

Es wurde eine einfache Varianzanalyse gerechnet, die einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Untergruppen ergab ($F(11,118)=3.51$; $p \leq 0.001$). Die Hirngesunden unterscheiden sich signifikant von den Hirngeschädigten ($p \leq 0.02$). Vor allem zeigt der Vergleich zwischen N und DH einen hochsignifikanten Unterschied ($p \leq 0.001$), während ein solcher zwischen den DH und den Hirngeschädigten nicht nachzuweisen ist. Zwischen den Hirngeschädigten-Gruppen sind ebenfalls keine signifikanten Unterschiede nachzuweisen.

Nach diesen Ergebnissen sind also die DH bildungsmässig mit den Hirngeschädigten vergleichbar, während die N vorallem bei bildungsabhängigen Tests nur mit Vorbehalt mit den Patientengruppen verglichen werden dürfen.

Es wird später bei der Auswertung nochmals auf die Rolle von Geschlecht und Bildung bezüglich der Testresultate eingegangen werden.

Tab. 4 Geschlecht und Bildungsstand der experimentellen Gruppen

Geschlecht	Kontrollgruppen:	Patientengruppen mit fokalen Hirnläsionen												Total
		Linke Hemisphäre						Rechte Hemisphäre						
		F	FT	T	TP	PO		F	FT	T	TP	PO		
	N 40	7	6	10	7	7		7	7	7	7	10		130
mannlich	24	2	4	6	2	4		3	4	5	3	6		76
weiblich	16	5	2	4	5	3		4	3	2	4	4		54
Bildung														
Primarschule	7	4	4	5	2	3		3	5	4	3	5		53
Sekundarschule	17	3	2	5	3	4		4	2	3	4	4		58
Hochschule	16				2							1		19

7.3.2.5. Leistungsvergleich anhand der Kontrolltests

Die Kontrolltests wurden in erster Linie durchgeführt, um die Vergleichbarkeit von zwei lateral entsprechenden hirn-lokalisatorischen Gruppen nachzuweisen. Bei diesen hirn-lokalisatorischen Gruppen handelte es sich grösstenteils um kleine Stichproben, da die Patienten auf freiwilliger Basis an der Untersuchung teilnehmen konnten. Kenntnisse des linguistischen und intellektuellen Leistungsvermögen tragen in einem solchen Falle wesentlich dazu bei, spezifische, zum Beispiel nicht-sprachliche Leistungsdefizite, die statistisch signifikant ausgeprägt sind, sinnvoller zu interpretieren. Die verwendeten Kontrolltests hatten aber nicht das Ziel, Validierungsfragen zu beantworten.

7.3.2.5.1. Kurzes Interview

Aus der Krankengeschichte ging in der Regel wenig über die psychologische Leistungsfähigkeit des Patienten hervor. Mit einem kurzen Einführungsgespräch über Befindlichkeit und Orientiertheit wurde abgeschätzt, ob der Patient die nachfolgenden Testinstruktionen und Testkomplexität bewältigen konnte. Somit wurden Patienten, bei denen aphasische Störungen vermutet wurden, zuerst einer spezifischen Abklärung dieser Symptome unterzogen. Patienten mit mittlerer bis schwerer Aphasie schieden aus. Das gleiche traf für Patienten zu, die desorientiert oder verwirrt waren.

7.3.2.5.2. Token-Test

Als Ausleseverfahren für aphasische und nicht-aphasische Patienten hat sich der von De Renzi und Vignolo (1962) entwickelte Token-Test wegen seiner Zuverlässigkeit und Einfachheit der Ausführung bewährt. Es werden Plättchen vorgelegt, die sich in Farbe, Grösse und Form unterscheiden. Der Patient hat nach mündlichen Aufforderungen einfache Manipulationen auszuführen. Die Originalfassung des Tests besteht

aus fünf Teilen, die progressiv an Schwierigkeitsgrad zunehmen. Der letzte Teil besteht aus sprachlich so komplexen Aufgaben wie "Nachdem Sie den grünen Kreis fortgenommen haben, berühren Sie das weisse Viereck." Um die Untersuchungszeit zu begrenzen, wurde die von Sipos und Trägert (1972) vorgeschlagene Kurzform verwendet, deren Zuverlässigkeit der Auslese sich nur geringfügig verändert. Es wurden damit 89% richtig als Aphasiker diagnostiziert, während 8% falsch positive Zuordnungen unterliefen (Orgass et al. 1973). Für die Auswertung wurde pro richtiger Ausführung je ein Punkt gezählt.

7.3.2.5.3. Mehrfachwahl-Wortschatz-Test (MWT)

Dieser Test ist eine Abwandlung des HAWIE-Wortschatztests als Kurztest zur Messung der Intelligenz Erwachsener (Lehr, Daun und Schmidt 1971). Er steht in guter Korrelation zum IQ im HAWIE. Der MWT besteht aus 42 Aufgaben mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad. Von fünf möglichen Wahlen pro Aufgabe muss das einzige sinnvolle Wort angestrichen werden.

Beispiel: Perz - Pelp - Pelt - Pelz - Polz

Klanke - Kelken - Kinkel - Kenkel - Klinke

Jedes richtige Wort wird als ein Punkt verrechnet. In der Neuropsychologischen Abteilung, Zürich (1974) wurden dazu Erfahrungs- und Normwerte erstellt.

7.3.2.5.4. Zahlennachsprechen (Subtest aus HAWIE)

Das Zahlennachsprechen aus dem Hamburger-Wechsler-Intelligenz-Test für Erwachsene (Wechsler et al. 1964) verlangt die Wiedergabe von längenmässig zunehmenden Zahlenreihen in gegebener oder in umgekehrter Reihenfolge. Das Zahlennachsprechen misst eine Art Merkfähigkeit, die angibt, wieviel an Information augenblicklich aufgenommen und sofort wiedergegeben werden kann.

7.3.2.5.5. Corsi-Würfel

Mit dem Corsi-Würfel wird die Merkfähigkeit für räumliche Sequenzen gemessen. Der Test ist gleich aufgebaut wie das Zahlennachsprechen, nur dass die vorgegebenen Stimuli nicht aus Zahlen, sondern aus räumlich angeordneten Würfeln bestehen. Dieser Test und seine Anwendung durch Corsi wurde von Milner (1971) beschrieben.

Nach Ergebnissen von De Renzi, Faglioni und Scotti (1969), De Renzi und Nichelli (1975) und De Renzi, Faglioni und Previdi (1977) hatten posterior geschädigte Patienten eine niedrigere Merkfähigkeit für räumliche Sequenzen als die übrigen Patienten. Die Patienten mit rechts posterioren Hirnläsionen schnitten dabei signifikant schlechter ab als die links Posterioren.

7.3.2.5.6. Resultate der Kontrolltests

Die Ergebnisse des Token-Tests, des Mehrfachwahl-Wortschatztests, des Zahlennachsprechens vorwärts und rückwärts und des Corsi-Tests sind im Anhang tabellarisch aufgeführt (Tab. 5 und 6, Anhang S. 162 + 163). Für jeden der Kontrolltests wurde eine einfache Varianzanalyse gerechnet. Die beiden hirngesunden Gruppen wurden bei diesen Berechnungen mitberücksichtigt.

Für den Token-Test ergeben sich hochsignifikante Unterschiede. Aufgrund multipler t-Tests unterscheiden sich sowohl die Hirngeschädigten von den Hirngesunden hochsignifikant ($p \leq 0.001$), wobei ebenfalls die DH im Vergleich zu den Läsionsgruppen signifikant besser sind ($p \leq 0.002$). Zwischen den N und den DH ist kein signifikanter Unterschied zu finden. Die LH sind gegenüber den RH hochsignifikant schlechter ($p \leq 0.001$), während die RH sich nicht von den hirngesunden Gruppen unterscheiden. Aus dem inter-hemisphärisch Vergleich geht hervor, dass sich vorallem die T und die TP hochsignifikant ($p \leq 0.001$) voneinander unterscheiden.

Im intra-hemisphärischen Vergleich der linken Hirnhemisphäre zeigt sich, dass sich die signifikanten Minderleistungen auf die T und TP beziehen. So finden wir einen signifikanten Unterschied zwischen den LF und LTF ($p \leq 0.002$), LFT und LTP ($p \leq 0.008$), LTP und LPO ($p \leq 0.001$) und zwischen IT und LPO ($p \leq 0.03$). Innerhalb der rechten Hemisphäre sind keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Leistung im Token-Test festzustellen.

Im Mehrfachwahl-Wortschatz-Test (MWT) nach Lehr et al. (1971) unterscheiden sich weder die hirngesunden von den hirngeschädigten Patienten, noch ist ein Unterschied innerhalb der Läsionsgruppen festzustellen.

Das Zahlennachsprechen wurde getrennt nach vorwärts und rückwärts Nachsprechen von Zahlenreihen berechnet. Eine einfache Varianzanalyse ergab für das Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts und für das Merken von räumlichen Sequenzen (Corsi-Würfel) hochsignifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen.

Beim Zahlennachsprechen vorwärts ist anhand multipler t-Tests sowohl zwischen den Hirngesunden und Hirngeschädigten ein hochsignifikanter Unterschied ($p \leq 0.001$) als auch zwischen den beiden Hirnhemisphären ($p \leq 0.008$), bei welchen die RH ein besseres Resultat erzielen. Inter-hemisphärisch sind signifikante Unterschiede zugunsten der rechtsseitigen Läsionen zwischen LFT und RFT ($p \leq 0.05$) und LTF und RTP ($p \leq 0.04$) zu verzeichnen. Die LTF fallen gegenüber den IT und gegenüber den LPO ebenfalls signifikant ab ($p \leq 0.02$).

Im Zahlennachsprechen rückwärts ergibt nur der Vergleich zwischen Hirngesunden und Hirngeschädigten anhand multipler t-Tests einen hochsignifikanten Unterschied ($p \leq 0.001$). Die N unterscheiden sich jedoch nicht von den DH. Im übrigen sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Läsionsgruppen oder Hirnhemisphären vorhanden.

Der Corsi-Test zeigt ebenfalls anhand multipler t-Tests hochsignifikante Unterschiede zwischen Hirngesunden und Hirngeschädigten ($p \leq 0.001$). Die beiden Hirnhemisphären haben hochsignifikant unterschiedliche Leistung ($p \leq 0.002$), wobei in diesem non-verbalen Merkfähigkeitstest für räumliche Anordnungen die RH schlechter abschneidet. Vorallem erbringen die RPO gegenüber den LPO ($p \leq 0.001$) hochsignifikant schlechtere Leistungen. Beim Vergleich der RH sind signifikante Unterschiede zwischen RT und RTP ($p \leq 0.05$) und zwischen den RT und RPO ($p \leq 0.01$) zugunsten besserer Leistung der posterior liegenden Läsionen zu erwähnen.

Aus diesen Resultaten kann geschlossen werden, dass im sprachlichen Token-Test vorallem die LT und LTP gegenüber den andern Gruppen schlechtere Leistungen erbringen. Beim Zahlennachsprechen vorwärts erreicht die RH ein besseres Leistungsniveau. Wenn Zahlenreihen rückwärts reproduziert werden müssen, fallen leistungsmässig alle Patientengruppen mit Hirnläsionen gegenüber den Gruppen ohne Hirnläsionen ab, aber innerhalb der Läsionsgruppen sind keine Leistungsunterschiede festzustellen. Bei der Merkfähigkeit für räumliche Sequenzen ist im Gegensatz zum Zahlennachsprechen vorwärts die LH gegenüber der RH leistungsmässig überlegen. Vorallem die Patienten mit rechts posterioren Läsionen haben in diesem Test mehr Schwierigkeiten.

Aufgrund der unterschiedlichen Resultate, die bezüglich des Token-Tests und des Zahlennachsprechens vorwärts eine Ueberlegenheit der RH bestätigen, während das Gegenteil für den Corsi-Test zutrifft, und der gleichwertigen Leistungen von LH und RH im Zahlennachsprechen rückwärts, und vorallem auch wegen des guten Abschneidens im Mehrfachwahl-Wortschatz-Test, in dem die Leistungen von Hirngesunden und Hirngeschädigten ebenbürtig sind, darf angenommen werden, dass die entsprechenden hirnlokalisatorischen Gruppen vergleichbar sind.

Einfluss des Geschlechts auf das Leistungsniveau der Kontrolltests: In den Kontrolltests (Token-Test, MWT, Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts und Corsi-Würfel) sind keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den beiden Geschlechtern festzustellen.

Bildungsabhängigkeit der Kontrolltests: Der Token-Test und der Corsi-Würfel sind nicht bildungsabhängig. Beim Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts ist beim Mittelwertvergleich eine Tendenz zu besserer Leistung mit aufsteigendem Bildungsgrad erkennbar, ohne dass jedoch Signifikanz nachweisbar ist. Der Mehrfachwahl-Wortschatz-Test ergibt dagegen zwischen allen drei Gruppen je einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0.003$) und zeigt sich damit empfindlich gegenüber dem Bildungsgrad. Bei den Kontrolltests fallen zusätzlich neben den Korrelationen von Bildung und MWT ($p \leq 0.001$) auch die Korrelationen von Bildung und Zahlennachsprechen vorwärts ($p \leq 0.04$) und rückwärts ($p \leq 0.04$) signifikant aus.

7.4. Beschreibung der experimentellen Tests

7.4.1. Linien-Orientierung

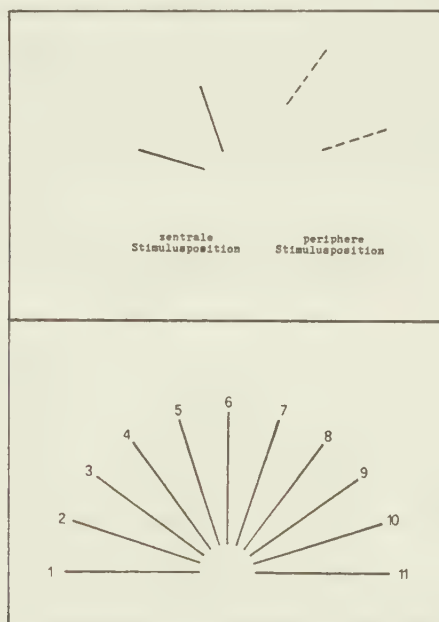
Die Linien-Orientierung wurde in vier Testversionen geprüft.

1) Visuelle Linien-Orientierung:

Für die visuelle Linien-Orientierung wurde eine modifizierte Form des Tests von Benton et al. (1978) verwendet. Es handelte sich darum, Linienrichtungen im Vergleich mit vorgelegten Referenzlinien zu beurteilen. Die dargebotene Standardvorlage bestand aus 11 Referenzlinien, die innerhalb 180 Grad lagen. Zwischen jeder Linie lag ein Winkel von 18 Grad. Es waren jeweils zwei Linien, die beide einer Referenzlinie entsprachen, gleichzeitig zu beurteilen. Der Test bestand aus fünf Übungsbeispielen und 24 Items. Die zu beurteilenden Linien waren entweder zentral zu ihrem Schnitt-

punkt oder peripher gezeichnet und stets halb so lang wie die Referenzlinien. Die Linien überschneiden sich weder bei der Standardfigur noch bei den Testitems.

Abb. 1 Modellvorlage zur visuellen Linien-Orientierung mit Beispielen zentraler und peripherer Linienposition

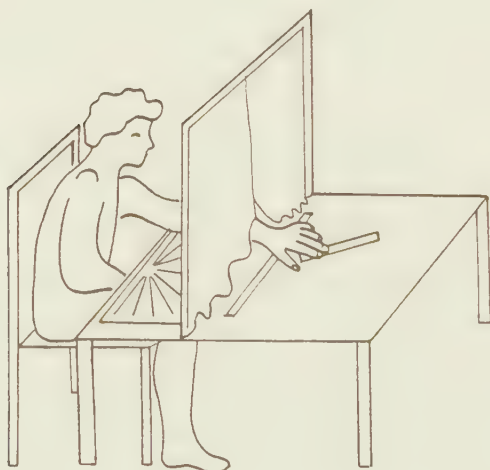


Acht Items enthielten je zwei peripher liegende Linien, acht Items je zwei zentral zum Schnittpunkt liegende Linien und acht Items waren gemischt mit je einer peripher und einer zentral liegenden Linie. Die Reihenfolge war randomisiert. Die Verrechnung erfolgte nach der Anzahl richtig beurteilter Linien, d.h. maximal 48 Linien, nach der Anzahl richtig beurteilter Winkel zwischen zwei Linien, d.h. maximal 24 Winkel und nach Fehlern. Die Fehler wurden getrennt nach rechter und linker Blatthälfte berechnet. Die Items wurden zusätzlich noch nach der Lage der Stimuli - peripher, zentral, peripher-zentral - unterteilt.

2) Intermodale visuell-taktile Linien-Orientierung:

Die Testanordnung bestand aus einem Holzrahmen, an dem ein Vorhang befestigt war. Dahinter wurden auf einen Karton geklebte Holzstäbe dargeboten, die wie im visuellen Test nach einer Standardfigur ausgerichtet waren. Zur Erleichterung der Aufgabe wurden nur neun Referenzlinien aufgezichnet und nur eine Linie taktil präsentiert. Vor dem Vorhang konnte die Versuchsperson die Standardfigur sehen, und gemäss dieser musste die Richtung der Holzstäbe beurteilt werden. Taktil wurde ebenfalls die Horizontale der Referenzfigur gegeben, auf die die Hand als Ausgangspunkt zuerst hingeführt wurde.

Abb. 2 Testanordnung zur intermodalen visuell-taktilen Linien-Orientierung



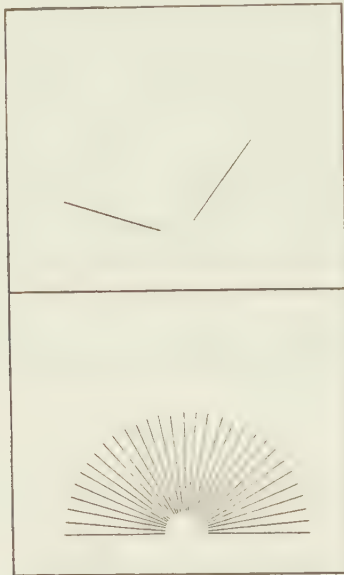
Im Ganzen wurden zwei Uebungsbeispiele und 14 Test-Items verwendet. Zuerst mussten die Aufgaben in den Kontrollgruppen mit der linken Hand und bei den Patientengruppen mit der zur Läsion ipsilateral liegenden Hand ausgeführt werden. In einem späteren Zeitpunkt wurde der Test mit

der anderen Hand durchgeführt, d.h. in den Kontrollgruppen mit der rechten Hand und in den Patientengruppen mit der zur Läsion kontra-lateralen Hand. Diese Durchführung stützte sich auf die Hinweise von Franco und Sperry (1977), die eine Interferenz der linken Hemisphäre mit der rechten angaben, falls die linke Hemisphäre mit eher rechtsdominanten Hirnfunktionen bereits Übung besitzt. Weiter sind ebenfalls die Befunde von Benton, Levin und Varney (1973) und von Benton, Varney und Hamsher (1978) zu erwähnen, die bei Normalen einen Vorzug der linken Hand und bei Hirngeschädigten einen Vorzug der zur Läsion ipsilateralen Hand für solche Aufgaben fanden. In der Verrechnung wurden die korrekt beurteilten Linien und die falschen Beurteilungen getrennt nach linker und rechter Seite der Testvorlage berücksichtigt.

3) Einzeichnen von Linien-Orientierungen bei simultaner Präsentation:

Es wurden je zwei Referenzlinien gezeigt, die in ein fein vorgezeichnetes Raster mit Linien im Winkelabstand von sechs Grad übertragen werden mussten. Es wurden zehn Vorlagen mit je zwei Linien in gleicher Länge wie auf Raster dargeboten. Die Aufgabe bestand aus 20 Items, die nach der Anzahl richtig eingezeichneter Linien und nach Fehler auf linker und rechter Blatthälfte verrechnet wurden. Bei den richtigen Beurteilungen wurde eine Toleranzgrenze bis zu sechs Grad Abweichung zu der Standardlinie gesetzt. Als Fehler zählten demnach nur Abweichungen von mehr als sechs Grad beidseits der Linie auf der Vorlagefigur. Diese Berechnung wurde auch für das Linien-Einzeichnen mit verzögerter Darbietung verwendet. Die gefragten Linien-Orientierungen und das Einzeichnenraster wurden in dieser Aufgabe simultan und senkrecht übereinander präsentiert. Vor dem eigentlichen Test wurden drei Übungsbeispiele durchgeführt, anhand derer genau instruiert wurde. Je zwei vorgelegte Linienrichtungen mussten mit der dominanten Hand in das Raster übertragen, bzw. eingezeichnet werden. Es durfte auch korrigiert werden, wenn dies unmittelbar geschah, bevor zum nächsten Item übergegangen wurde.

Abb. 3 Modellvorlage zum Linien-Einzeichnen mit
Raster (unten) und Testitems (oben)



4) Einzeichnen von Linien-Orientierungen bei verzögerter Präsentation:

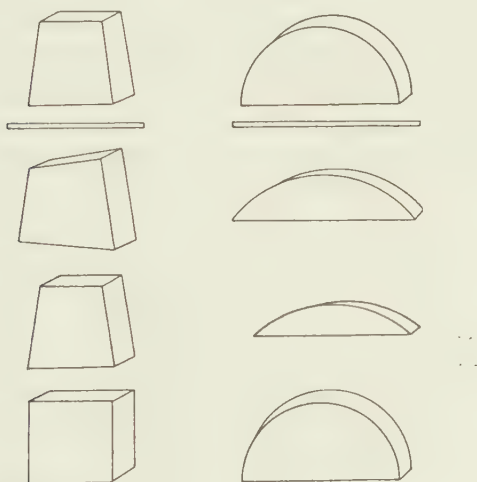
Die Testanordnung entsprach der zuvor beschriebenen Aufgabe. Die Linien-Orientierungen, die eingezeichnet werden mussten, wurden jedoch allein dargeboten, und erst zehn Sekunden verzögert wurde das Einzeichnenraster vorgelegt. Die visuell wahrgenommenen Stimuli mussten somit kurz gespeichert werden und konnten nicht direkt auf die Referenzlinien übertragen werden. Auch diese Aufgabe enthielt 20 Items. Verrechnet wurden entsprechend der simultanen Darbietung die Anzahl richtig eingezeichneter Linien und die Fehler auf der linken und rechten Rasterhälfte. Die Fehlerberechnung geschah ebenfalls mit einer Toleranzspanne von bis zu sechs Grad Abweichung beidseits der Standardlinie.

7.4.2. Form- und Musterwahrnehmung

1) Intra-modale taktile Formdiskrimination:

Die Versuchspersonen bekamen eine Brille aufgesetzt, deren Gläser mit einer undurchsichtigen Folie abgedeckt waren, um so die visuelle Wahrnehmung auszuschalten. Sie hatten die auf dem Tisch nacheinander dargebotenen Holzfiguren mit den Fingerspitzen linkshändig, bzw. der zur Läsion ipsilateralen Hand abzutasten.

Abb. 4 Beispiele zur unimodalen taktilen Formdiskrimination



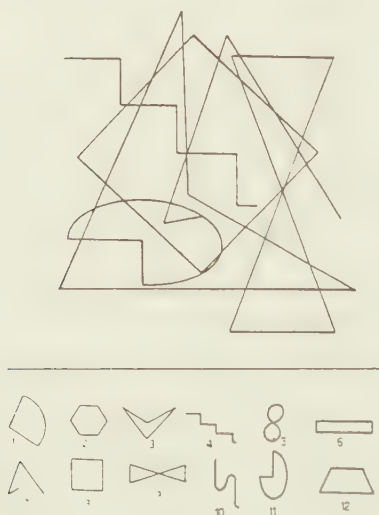
Die Ausgangsfigur wurde ohne Zeitbeschränkung dargeboten. Die Voruntersuchungen und die Resultate der Kontrollgruppen ergaben zwischen linker und rechter Hand keine Leistungsunterschiede, weshalb zur Zeitersparnis und aus Rücksicht auf die hirngeschädigten Patienten nur linkshändig, bzw. ipsilateral zur Läsion geprüft wurde. Wenn der Untersuchte angab, die Figur erfasst zu haben, wurden drei andere Figuren nacheinander vorgelegt, von denen eine mit der Aus-

gangsfigur identisch war. Es gab auch hier keine Zeitbeschränkung, und das Prozedere konnte wiederholt werden, wenn der Patient es verlangte, damit nicht eine reine Gedächtnisaufgabe entstand. Der Test bestand aus zehn Items, wovon zwei Items als Uebungsbeispiele dienten. Gezählt wurde die Anzahl richtiger Antworten.

2) Ueberlappte Figuren:

Dieser Test geht auf die Idee von Poppelreuter (1917) zurück, der überlappte Objekte und Figuren zur Untersuchung Hirnverletzter verwendete. Modifizierte Tests dieser Art wurden ebenfalls von Ghent (1956), Teuber und Weinstein (1956), Weinstein (1964), Luria (1966) und De Renzi, Scotti und Spinnler (1969) angewendet. Jede Vorlage dieses Tests enthielt sechs in verschiedenen Positionen gezeichnete, sich überschneidende Figuren.

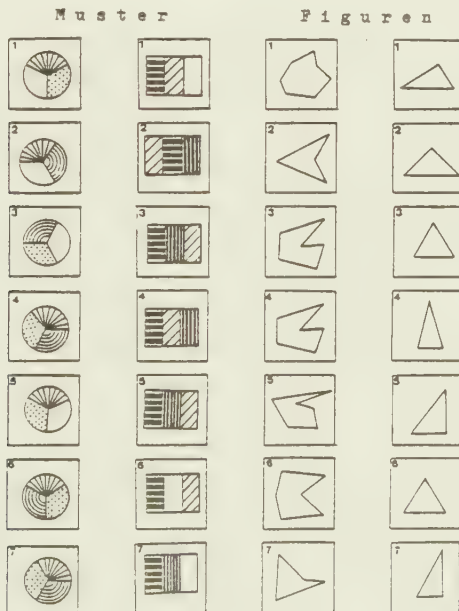
Abb. 5 Modellvorlage zu den überlappten Figuren



Es wurden drei verschiedene Vorlagen verwendet. Zu jeder Vorlage wurde eine Karte gezeigt, auf der zwölf fünffach verkleinerte Figuren gezeichnet waren. Unter diesen zwölf Figuren waren jeweils sechs mit den überlappten Figuren identisch, wobei auf der Vorlage je zwei in gleicher Position, zwei um 45 Grad rotiert und zwei um 90 Grad rotiert waren. Es wurde für jede Vorlage die Anzahl richtiger Antworten, die Fehler unterteilt nach gleicher oder rotierter Position der Figur und die benötigte Zeit für die Identifikation festgehalten. Für die Verrechnung wurden die Anzahl richtige Antworten, die Fehler und die Zeit für alle drei Vorlagen aufsummiert.

3) Figur-Muster-Vergleich:

Abb. 6 Beispiele zum Figur-Muster-Vergleich



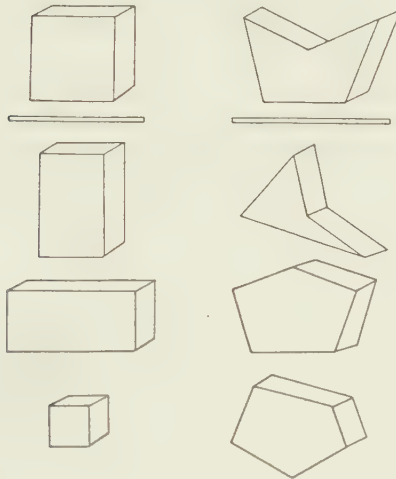
Es wurden pro Item sieben vertikal angeordnete Formen oder Muster visuell dargeboten. Von den Figuren waren jeweils zwei identisch und die übrigen nicht identisch. Die zwei identischen Figuren waren innerhalb der sieben Figuren zufallsverteilt, wobei jede Figurposition gleich häufig vorkam. Die Probanden hatten so schnell als möglich die beiden identischen Figuren zu zeigen und nachher sogleich zur nächsten Kolonne weiterzugehen. Der Test bestand aus einem Übungsbeispiel und 32 Items. Die eine Hälfte der Items enthielt eher musterartige Konfigurationen und die andere Hälfte eher figurale Konfigurationen. Die Verrechnung erfolgte nach der Anzahl richtiger Identifikationen, nach Fehlern, unterteilt nach figur- und musterartigen Items und ebenfalls nach der Zeit, die zur Lösung aller Aufgaben benötigt wurde.

7.4.3. Aehnlichkeits-Wahrnehmung

1) Intra-modale taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung:

Entsprechend der intra-modalen taktilen Formdiskriminations-Aufgabe wurden Holzfiguren zur taktilen Erfassung vorgelegt. Eine Ausgangsfigur musste zuerst linkshändig mit den Fingerspitzen erfasst werden und anschliessend einer ähnlichen von drei Figuren, die ebenfalls taktil abgetastet wurden, zugeordnet werden. Es wurde wie bei der taktilen Formdiskrimination nur linkshändig, bzw. ipsilateral zur Läsion geprüft, da sich im Erfassen bei den Voruntersuchungen und bei den Kontrollgruppen keine Händigkeitsunterschiede herausstellten. Bei Patienten wurde aus zeitökonomischen Überlegungen nur ipsilateral geprüft, was aus Rücksicht auf die limitierte Belastbarkeit Hirngeschädigter vertretbar ist. In diesem Test wurden zwei Übungsbeispiele und acht Items verwendet. Die Darbietungszeit von Ausgangsfigur und Wahlfigur war nicht limitiert. Die Wahlkriterien waren nach formalen und geometrisch-topologischen Kriterien festgelegt und diese wurden in die Verrechnung einbezogen.

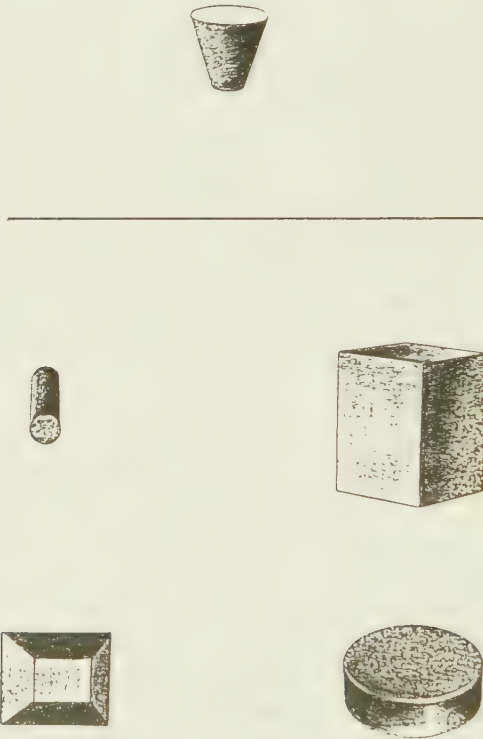
Abb. 7 Beispiele zur unimodalen taktilen
Ähnlichkeits-Wahrnehmung



2) Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung:

Für diesen Test wurden fotografierte dreidimensionale abstrakte Figuren verwendet. Eine solche Figur wurde gleichzeitig mit vier anderen Figuren gezeigt. Aus dieser Auswahl von vier Figuren musste diejenige Figur gewählt werden, die im Vergleich mit der Ausgangsfigur als die ähnlichste erachtet wurde. Der Test bestand aus einem Übungsbeispiel und zwölf Items. Die Zuordnung konnte aufgrund von Merkmalen wie rund, eckig oder der Seitenzahl und aufgrund geometrisch-topologischer Kriterien wie parallel-konisch und konvex-konkav erfolgen. Es wurde nach den Wahlen gemäss dieser beiden Kriterien unterteilt und verrechnet.

Abb. 8 Beispiel zur visuellen Ähnlichkeits-Wahrnehmung

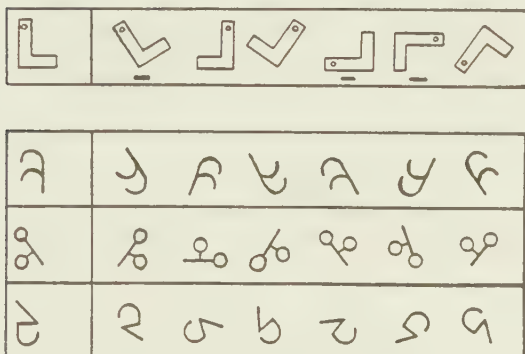


7.4.4. Raumvorstellung

1) Spatial-Test:

Es wurde der "Spatial Relations Test" aus der "Primary Mental Abilities" - Batterie (PMA) von Thurstone (1958) verwendet. Mit diesem Test, der zum Untersuchungsinventar der Neuropsychologischen Abteilung, Zürich gehört, wurden bereits klinische Erfahrungen gesammelt. Der Spatial-Test enthält einen buchstabenähnlichen Stimulus mit sechs rotierten Versionen.

Abb. 9 Beispiele zum Spatial-Test



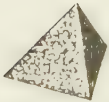
Jeweils zwei oder drei der Stimuli sind identisch und nur in der Bildebene rotiert, während die übrigen jeweils Spiegelbilder sind. Der verwendete Test bestand aus zwei Übungsbeispielen und aus zehn solchen Items. Es wurde nicht zum voraus eine Zeitlimite gesetzt, aber nach neun Minuten abgebrochen. Zur Auswertung wurde die Anzahl korrekter Antworten und die Fehler berechnet. Die Fehler waren zu der richtigen Antwort nicht komplementär, da nicht Auslassungen, sondern Spiegelbilder als Fehler zählten.

2) Dreidimensionale Figuren:

Die Grundidee für diesen Test war die gleiche wie beim Spatial-Test. Es handelte sich aber um Fotografien von dreidimensionalen abstrakten Figuren (Quader, Pyramide), die nicht nur in der Bildebene, sondern auch in der Tiefenebene rotiert waren. Der Test bestand aus einer in gewohnter Ansicht fotografierten Figur und sechs weiteren Fotografien, auf denen eine Figur mit der Standardfigur identisch war. Insgesamt waren ein Übungsbeispiel und 24 Items enthalten. Die Patienten wurden instruiert, bei Beantwortung des einen Items sogleich zum nächsten überzugehen, weil

die notwendige Zeit zur Identifikation ebenfalls interessierte. Zur Verrechnung wurde die Anzahl richtiger Antworten und die benötigte Zeit berücksichtigt.

Abb. 10 Beispiel zu den dreidimensionalen in ihrer Lage veränderten Figuren

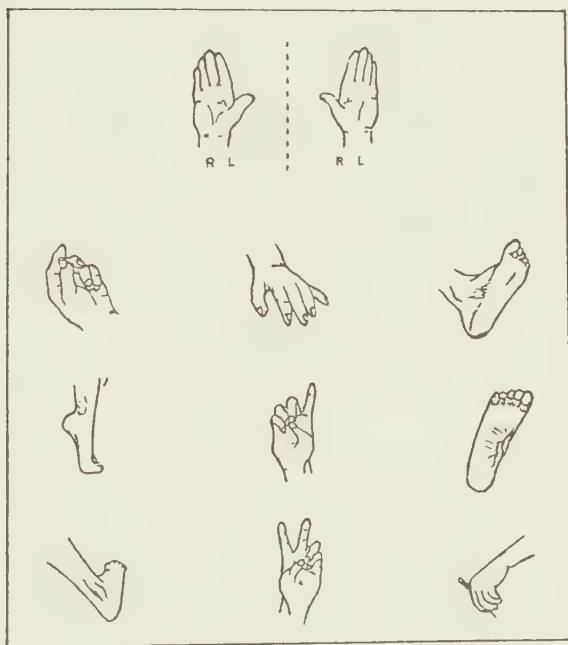


3) Links-Rechts-Differenzierung:

Für die Links-Rechts-Differenzierung wurde eine modifizierte Form des "California Test of Mental Maturity" (CTMM) von Sullivan et al. (1957) verwendet. Bei diesem Test geht es darum zu entscheiden, ob in verschiedenen Positionen ge-

gezeichnete Extremitäten (Hände oder Füße) oder auch Kleidungsstücke auf der linken oder rechten Körperseite liegen. Die verwendete modifizierte Form enthielt nur Hände und Füße, um ein besseres vorstellungsmässiges Nachvollziehen zu gewährleisten.

Abb. 11 Beispiele zur Links-Rechts-Differenzierung



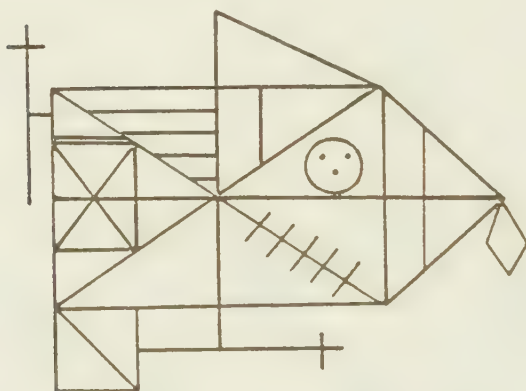
Der Test bestand aus zwei Übungsbeispielen und 24 Items, wovon zwölf linksseitige Körperteile und zwölf rechtsseitige Körperteile enthalten waren. Die Verrechnung erfolgte nach richtigen Entscheidungen und linken sowie rechten Fehlern. Zusätzlich wurde noch die Zeit notiert.

7.4.5. Visuo-praktische Tests

1) Rey-Figur, Kopie und Reproduktion aus Gedächtnis:

Bei diesem Test handelte es sich um eine genaue Uebernahme der Originalfigur, die Rey in der Klinik für die Prüfung der Fähigkeit zur Wiedergabe einer komplexen Figur einführte (Rey 1959).

Abb. 12 Komplexe Figur nach Rey



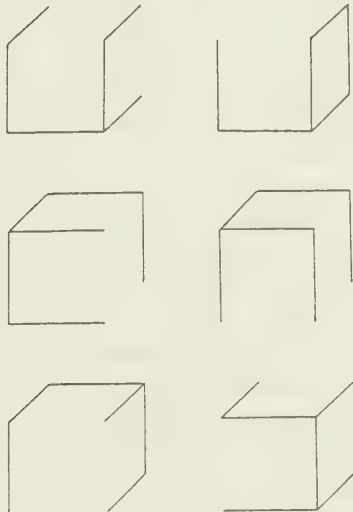
Die Patienten wurden aufgefordert, die Figur auf der Vorlage in gleicher Grösse und möglichst genau mit einem Bleistift auf ein Blatt Papier zu kopieren. Die Vorlage durfte beim Abzeichnen nicht gedreht werden. Der Untersuchte bestimmte selbst, wann er fertig war. Wenn die Figur bei Uebergabe an den Versuchsleiter noch unvollständig war, wurde nochmals gefragt, ob sicher alles gezeichnet wäre. Bei Zustimmung des Probanden wurde die Figur weggelegt, damit sie bis zur späteren Wiedergabe aus dem Gedächtnis nicht mehr sichtbar war. Die Auswertung erfolgte nach den 18 enthaltenen Elementen der Figur. Für die Fehlerverrechnung wurde die in der Neuropsychologischen Abteilung, Zürich verwendete Modifikation und Unterteilung in Verschiebungen und Entstellungen angewandt.

Die Wiedergabe aus dem Gedächtnis wurde nach $1\frac{1}{2}$ Stunden verlangt, was ungefähr nach Durchführung von zwei Dritteln der übrigen Tests geschah. Die Vorlage wurde dazu nicht mehr gezeigt.

2) Würfelvervollständigen:

Dafür wurde die Idee von Hécaen und Assal (1977) übernommen und modifiziert. Die Testformulare bestanden aus sechs unvollständigen Würfeln, bei denen jeweils drei Seiten fehlten, die ergänzt werden mussten. Bevor die fehlenden Seiten eingezeichnet wurden, mussten die Probanden einen dreidimensionalen perspektivischen Würfel zeichnen. Bei den unvollständigen Würfelzeichnungen wurde pro ausgelassene oder falsch eingezeichnete Seite ein Fehler berechnet.

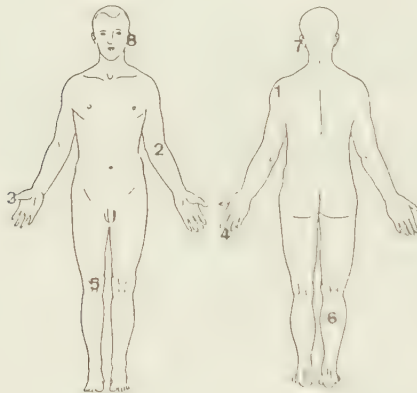
Abb. 13 Modellvorlage mit sechs unvollständigen Würfeln



7.4.6. Körperschema-Prüfung

Der Körperschema-Test nach Semmes prüft eine Art Körperschema, ohne dass verbale Antworten notwendig sind (Semmes et al. 1963; Teuber 1964). Auf einer Vorlage sind zwei schematisierte menschliche Figuren eine von vorne und eine von hinten gezeichnet.

Abb. 14 Vorlage zum Körperschema-Test
nach Semmes



Auf diese Figuren sind an gewissen Körperteilen Nummern eingetragen, die die Probanden auf den eigenen Körper übertragen und dort zeigen müssen. Es wurde die Anzahl richtiger Antworten gezählt und eine Fehleranalyse durchgeführt. Die Fehler waren in linke und rechte Körperhälfte aufgeteilt und zudem wurde unterschieden, ob es sich um Fehler bei spiegelbildlichen Darstellungen, oder links-rechts Verwechslungen oder Verwechslungen von vorne und hinten handelte. Verwechslungen von ganzen Körperteilen traten nie oder so selten auf, dass sie vernachlässigt wurden.

8. RESULTATE

8.1. Vergleich der Kontrollgruppen mit Läsionsgruppen

Aufgrund der erwähnten varianzanalytischen Verfahren unter Einbezug sämtlicher Gruppen in den Vergleich, sind multiple t-Test Vergleiche einzelner Gruppen oder Gruppierungen zulässig, wenn insgesamt eine globale Signifikanz besteht. Eine solche globale Signifikanz ist für die Variablen taktile und visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach formmässigen Kriterien und Links-Rechts-Verwechslungen beim Semmes-Test in der Varianzanalyse nicht erreicht. Diese Variablen (Tab. 12, 13 + 18b, Anhang S. 172, 173 + 180) sind somit auch nicht in den multiplen t-Test Vergleichen der einzelnen Gruppen enthalten. Für alle übrigen Variablen besteht eine signifikante Unterscheidung zwischen Hirngesunden und Hirngeschädigten.

Die Kontrollgruppen oder hirngesunden Versuchspersonen setzen sich aus den N und DH zusammen. Diese beiden Kontrollgruppen unterscheiden sich nur in allen Zeitmessungen. Es besteht ein hochsignifikanter Unterschied zwischen N und DH hinsichtlich der benötigten Zeit für die Links-Rechts-Differenzierung ($p \leq 0.001$). Die DH andererseits unterscheiden sich nicht von den hirngeschädigten Patienten insgesamt. Beim Erkennen von dreidimensionalen Figuren in räumlich veränderten Positionen besteht ebenfalls hinsichtlich der Zeit ein hochsignifikanter Unterschied zwischen N und DH ($p \leq 0.001$), während sich die DH nicht von den BD abheben. Innerhalb der BD sind jedoch wiederum signifikante Leistungsschwankungen zu verzeichnen. Für den Figur-Muster-Vergleich benötigen die N signifikant weniger Zeit als die DH ($p \leq 0.002$), die sich nicht von den BD unterscheiden. Für die benötigte Zeit zur Identifizierung überlappter Figuren sind die DH gegenüber den N ebenfalls signifikant langsamer ($p \leq 0.003$). Im Gegensatz zu den andern drei Zeitmessungen ist in dieser Variablen auch ein signifi-

kanter Unterschied zwischen DH und BD zu verzeichnen ($p \leq 0.01$). Innerhalb der BD sind allerdings keine signifikanten Abweichungen mehr zu finden.

In den Abbildungen 15 - 28b (Anhang S. 182 - 191) sind grafisch die Leistungsunterschiede hinsichtlich der Mittelwerte der verschiedenen Variablen der geprüften Funktionsbereiche für die beiden Kontrollgruppen (N und DH), sowie für die Gesamtheit der Hirngeschädigten (BD) und der beiden Hirnhemisphären (LH und RH) dargestellt. Daraus wird das Leistungsgefälle zwischen den Kontrollgruppen und den Hirngeschädigten deutlich sichtbar.

8.2. Lokalisierbarkeit der geprüften räumlichen Fähigkeiten

Bei der Betrachtung der hirnlokalisatorischen Zuordnung der geprüften Funktionen sind die Befunde nach den inhaltlich unterschiedlich komplexen Tests geordnet. Es wird zur Vereinfachung und dem neuropsychologischen Sprachgebrauch entsprechend von bestimmten Läsionen gesprochen, ohne dabei zu vergessen, dass es sich um Patientengruppen mit Hirnläsionen handelt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Variablen sind in Tabellen 7 - 18b (Anhang S. 164 - 180) zu finden.

8.2.1. Linien-Orientierung

1) Visuelle Linien-Orientierung (Tab. 7a + 7b, Anhang S. 164 + 165):

Zwischen der LH und RH besteht in der Anzahl richtiger Antworten ($p \leq 0.02$), in den richtig beurteilten Winkeln zwischen zwei Linien ($p \leq 0.04$) und in den Fehlern der linken Blatthälfte ($p \leq 0.02$) ein signifikanter Unterschied. Auf der rechten Blatthälfte werden ungefähr gleich viele Fehler gemacht. Auch hinsichtlich der verschiedenen Positionen der Linien (zentral, peripher und zentral-peripher) unterscheiden sich die beiden Hirnhemisphären signifikant ($p \leq 0.05$) voneinander.

Weiter wurden interhemisphärische Vergleiche zwischen entsprechenden Läsionsorten der linken und rechten Hemisphäre und intrahemisphärische Vergleiche zwischen den einzelnen Läsionsorten innerhalb einer Hemisphäre durchgeführt. Aus Abbildung 29a (Anhang S. 202) ist bezüglich der Anzahl richtiger Antworten ein klarer signifikanter Leistungsabfall der RTP ($p \leq 0.009$) und RPO ($p \leq 0.03$) gegenüber den entsprechenden linkshemisphärischen Lokalisationen zu finden. Im interhemisphärischen Vergleich ist sonst kein signifikanter Unterschied feststellbar. Intrahemisphärisch ist ebenfalls zwischen den RF und RTP ($p \leq 0.02$) und RF und RPO ($p \leq 0.02$) ein signifikanter Leistungsunterschied festzustellen, während sich die linkshemisphärischen Gruppen nicht signifikant unterscheiden.

Im richtigen Einschätzen der Winkel (Abb. 29b, Anhang S. 202) zwischen zwei Linien sind trotz der signifikant schlechteren Leistung der RH gegenüber der LH keine signifikanten Unterschiede in den einzelnen interhemisphärischen Vergleichen zu finden. Intrahemisphärisch schneiden die RPO jedoch hochsignifikant schlechter ab als die RF ($p \leq 0.001$).

Hinsichtlich der Fehler auf der linken und rechten Blatthälfte bestehen Unterschiede, die sich dadurch manifestieren, dass sich die LH und die RH in den rechtsseitig liegenden Fehlschätzungen nicht unterscheiden, während bezüglich der linksseitig liegenden Fehlschätzungen ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.01$) besteht. Wie aus Abbildung 29c (Anhang S. 203) hervorgeht, schätzen die RTP gegenüber den LTP sowohl auf der rechten Blatthälfte ($p \leq 0.05$) wie auf der linken ($p \leq 0.02$) signifikant mehr Linien falsch ein. Die Fehleinschätzungen auf der linken Blatthälfte nehmen für die RH von frontal bis posterior zu, und es zeigt sich zwischen RF und RTP ($p \leq 0.01$) und RF und RPO ($p \leq 0.02$) ein signifikanter Unterschied der linksseitigen Fehler. Für die RH trifft dies auch bei den Fehlern auf der rechten Blatthälfte tendenzmässig zu, während für die LH von frontal bis posterior eher eine gleichbleibende (für rechtsseitige Fehler) oder gar

leicht abnehmende Fehlertendenz (für linksseitige Fehler) zu verzeichnen ist. Interessant ist ausserdem zu werten, dass im Gegensatz zu den rechtsseitigen Fehlern für die linksseitigen Fehlern bei den frontalen Gruppen ein kontralateraler Effekt zu finden ist, während dieser Effekt in den temporalen und posterioren Gruppen in ipsilateraler Tendenz auftritt.

Bei der Betrachtung des Einflusses der Position der zu beurteilenden Linien (Tab. 7b, Anhang S. 165) unterscheiden sich auch die beiden posterioren Gruppen LTP und RTP ($p \leq 0.05$) und LPO und RPO ($p \leq 0.05$) in der zentralen und peripheren Anordnung der Linien. Im gemischten Aufgabentyp zentral-peripher ist weder interhemisphärisch noch intrahemisphärisch ein signifikanter Unterschied festzustellen. Hinsichtlich der peripheren Linienanordnung ist zu erwähnen, dass auch intrahemisphärisch zwischen RF und RPO ($p \leq 0.005$) ein signifikanter Unterschied besteht, der in den beiden andern Linienpositionen nicht anzutreffen ist.

Eine Zusammenstellung der signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Variablen der visuellen Linien-Orientierung ist in Tabelle 19 (Anhang S. 193) zu finden.

2) Intermodale visuell-taktile Linien-Orientierung (Tab. 8a + b, Anhang S. 166 + 167):

Bezüglich der Anzahl richtiger Antworten (Abb. 30a, Anhang S. 203) ergibt sich im Gegensatz zur visuellen Aufgabe weder für die ipsilateral zur Läsion liegende noch für die kontralateral zur Läsion liegende Hand ein signifikanter Unterschied zwischen der LH und der RH. In der Fehleranalyse (Abb. 30a + c, Anhang S. 203 + 204) lässt sich nur für die Fehler der linksseitig liegenden Stimuli eine signifikante Minderleistung der RH gegenüber der LH nachweisen (ipsilaterale Hand: $p \leq 0.005$, kontralaterale Hand: $p \leq 0.05$). Für die Fehler in den rechts von der Mittellinie liegenden Stimuli ist kein Unterschied zu finden.

Für die ipsilaterale Hand ergibt sich bezüglich richtiger Antworten ein signifikanter Unterschied zwischen LPO und RPO ($p \leq 0.02$) zuungunsten der RPO. Für die kontralaterale Hand

ist interhemisphärisch ein signifikanter Unterschied zwischen LT und RT ($p \leq 0.006$) und ein signifikanter Unterschied zwischen LTP und RTP ($p \leq 0.05$) festzuhalten. Intra-hemisphärisch sind bei den richtigen Antworten für die ipsi-laterale Ausführung Signifikanzen zwischen RF und RPO ($p \leq 0.001$), RFT und RT ($p \leq 0.03$) sowie RFT und RTP ($p \leq 0.02$) und für die kontralaterale Ausführung zwischen RF und RFT ($p \leq 0.03$), RFT und RT ($p \leq 0.009$) und RFT und RTP ($p \leq 0.04$) zu finden.

Auch die Auszählung der Fehler nach linker und rechter Seite der Vorlage ergibt interhemisphärische und intrahemisphärische Unterschiede, die das Signifikanzniveau erreichen.

Eine Zusammenstellung der signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Variablen der taktilen Linien-Orientierung für die ipsi- und die kontralaterale Hand ist in Tabelle 20 (Anhang S. 194) zu finden. Es fällt in Tabelle 20 (Anhang S. 194) auf, dass sich sowohl für die ipsilaterale Hand wie auch für die kontralaterale Hand inter- und intrahemisphärisch signifikante Unterschiede ergeben, und dass vorallem innerhalb der rechten Hemisphäre die posterioren Gruppen signifikant häufiger linksseitige Fehler machen.

3) Linien-Einzeichnen, simultane und verzögerte Darbietung (Tab. 9a + b, Anhang S. 168 + 169):

In diesem Test sind weder in der simultanen noch in der verzögerten Darbietungsform hinsichtlich richtiger Antworten oder Fehler zwischen der LH und der RH Unterschiede anzutreffen.

Es bestehen aber interhemisphärisch zwischen den posterioren Läsionsgruppen (TP und PO) in der simultanen Durchführungsform sowohl in der Anzahl richtiger Antworten (Abb. 31a, Anhang S. 205) wie in den links- und rechtsseitigen Fehlern (Abb. 31b, Anhang S. 205) signifikante Unterschiede.

In der verzögerten Darbietung (Abb. 31a + c, Anhang S. 205 + 206) sind interhemisphärisch nur signifikante Unterschiede für die linksseitigen Fehler in den posterioren Gruppen (TP und PO) nachweisbar. Intrahemisphärische Unterschiede fallen

in den linkshemisphärischen und rechtshemisphärischen Gruppen zwischen den posterioren (TP und PO) und den anderen Läsionsgruppen auf. Die Gruppen mit posterioren Läsionen (TP und PO) erzielten schlechtere Resultate bezüglich Anzahl richtiger Antworten und linksseitigen Fehlern.

Eine Zusammenstellung der signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Variablen der simultanen und verzögerten Linien-Orientierungs-Einzeichenvariante ist in Tabelle 21 (Anhang S. 195) zu finden.

8.2.2. Formwahrnehmung

1) Taktile Formdiskrimination (Tab. 10, Anhang S. 170):

In der taktilen Formdiskrimination unterscheiden sich die beiden Hemisphären nicht. Die LPO erbringen jedoch gegenüber den RPO signifikant bessere Leistungen ($p \leq 0.03$), was auch für die RFT gegenüber den RPO zutrifft ($p \leq 0.009$) (siehe auch Abb. 32, Anhang S. 206). Sonst gibt es keine signifikanten Leistungsunterschiede.

2) Ueberlappte Figuren (Tab. 10, Anhang S. 170):

In der Anzahl richtig identifizierter Figuren unterscheiden sich die LH nicht von den Kontrollgruppen, während die RH signifikant weniger Figuren ($p \leq 0.02$) richtig identifizieren. Aus Abbildung 33a (Anhang S. 207) geht hervor, dass zwischen anterioren und posterioren kein signifikanter Unterschied besteht. Es zeigt sich jedoch eine Tendenz zu schlechterer Leistung der RPO gegenüber den LPO ($p \leq 0.06$) und gegenüber den RFT ($p \leq 0.06$).

Die falschen Identifikationen bei den rotierten Figuren (Abb. 33b, Anhang S. 207) kommen bei der RH signifikant häufiger vor ($p \leq 0.02$), während die LH nur wenig schlechter als die Kontrollgruppen abschneiden. Zwischen den einzelnen Lokalisationsgruppen sind keine Unterschiede zu finden.

Die Mittelwerte der registrierten Zeit zur Identifikation von 18 Figuren variiert für die einzelnen Gruppen der BD

zwischen 283 Sekunden und 338 Sekunden mit grosser Standardabweichung von über 100 Sekunden. Es bestehen keine signifikanten Zeitabweichungen zwischen den Patientengruppen.

3) Figur-Muster-Vergleich (Tab. 11, Anhang S. 171):

Beim Heraussuchen zweier identischer Figuren oder Muster unterscheiden sich die beiden Hemisphären insgesamt nicht.

Aus Abbildung 34a (Anhang S. 208) geht hervor, dass die LF gegenüber den LTP hinsichtlich der richtig identifizierten Figuren oder Muster leistungsmässig abfallen. Die LF sind gegenüber den LTP signifikant schlechter ($p \leq 0.04$). Die RTP erzielen aber auch gegenüber den RFT signifikant schlechtere Resultate ($p \leq 0.03$). Interhemisphärisch ist eine signifikant schlechtere Leistung der RTP gegenüber den LTP festzustellen ($p \leq 0.02$).

Hinsichtlich der Fehler (Abb. 34b, Anhang S. 208), die nach Figuren und Muster getrennt gerechnet wurden, bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Hemisphären. Bei den Figuren unterscheiden sich die TP signifikant voneinander ($p \leq 0.04$), wobei die RTP mehr Fehler machen. Ebenso irren sich die LF gegenüber den LTP signifikant häufiger ($p \leq 0.03$). Bei den Mustern treffen die LF und LPO gegenüber den LT signifikant häufiger falsche Wahlen ($p \leq 0.05$ bzw. $p \leq 0.008$). Innerhalb der rechten Hemisphäre schneiden bei den Musterfehlern die RTP gegenüber den RFT signifikant schlechter ab ($p \leq 0.009$). Interhemisphärisch gibt es auch auf die einzelnen Lokalisationen bezogen in den Fehlern keine signifikanten Unterschiede. In der benötigten Zeit für diese Aufgabe gibt es eine ansehnliche Variation zwischen 312 und 501 Sekunden hinsichtlich der Mittelwerte der Gruppen. Es gibt aber keine signifikanten Zeitunterschiede.

Eine Zusammenstellung der Signifikanzen in den verschiedenen Variablen der Formwahrnehmungs-Tests ist in Tabelle 22 (Anhang S. 196) zu finden.

8.2.3. Aehnlichkeits-Wahrnehmung

- 1) Taktile Aehnlichkeits-Wahrnehmung (Tab. 12, Anhang S. 172):
Die Wahlen waren unterteilt nach geometrisch-topologischen und formmässigen Kriterien. Bezüglich geometrisch-topologischen Auswahlkriterien ist kein Unterschied zwischen den beiden Hemisphären insgesamt zu finden. Zwischen den einzelnen Lokalisationsgruppen (Abb. 35, Anhang S. 209) gibt es jedoch solche Unterschiede. Die LF wählen gegenüber den RF signifikant weniger häufig nach diesem Kriterium ($p \leq 0.009$). Andererseits haben wir eine Umkehrung bei den TP, bei denen die LTP gegenüber den RTP hochsignifikant häufiger nach diesem Kriterium wählen ($p \leq 0.001$). Intrahemisphärisch heben sich die LF signifikant von den LFT ($p \leq 0.04$) und LTP ($p \leq 0.006$) durch seltenere Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien ab. In der rechten Hemisphäre trifft das gleiche für die RTP gegenüber den RF ($p \leq 0.001$), den RFT ($p \leq 0.001$), den RT ($p \leq 0.001$) und den RPO ($p \leq 0.007$) zu.
Für die Wahlen nach formmässigen Aspekten wird das Signifikanzniveau nicht erreicht, d.h. die BD unterscheiden sich weder von den Kontrollgruppen noch untereinander.
- 2) Visuelle Aehnlichkeits-Wahrnehmung (Tab. 13, Anhang S. 173):
Die möglichen Wahlen waren nach den gleichen Kriterien wie in der taktilen Aufgabe unterteilt. In den Wahlen nach geometrisch-topologischen Kriterien unterscheiden sich die beiden Hemisphären insgesamt nicht ($p \leq 0.05$). Es ist allerdings eine Tendenz zu häufigeren solchen Wahlen der LH zu sehen. Aus der Abbildung 36 (Anhang S. 209) geht hervor, dass interhemisphärisch zwischen den Lokalisationsgruppen ein signifikanter Unterschied in solchen Wahlen zwischen den LTP und RTP ($p \leq 0.04$) besteht, da die RTP weniger häufig solche Wahlen treffen. Intrahemisphärisch signifikante Unterschiede gibt es innerhalb der RH zwischen den RF und RTP ($p \leq 0.04$) und RFT und RTP ($p \leq 0.02$), wobei die RTP insgesamt am wenigsten häufig nach geometrisch-topologischen Kriterien Aehnlichkeit bestimmen.

Die Wahlen nach formmässigen Kriterien erreichen in der Varianzanalyse das Signifikanzniveau nicht, weshalb keine multiplen t-Tests durchgeführt wurden. In diesen Wahlen gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontroll- und Patientengruppen.

Eine Zusammenstellung der Signifikanzen in den verschiedenen Variablen der Aehnlichkeits-Wahrnehmungs-Tests ist in Tabelle 23 (Anhang S. 197) zu finden.

8.2.4. Raumvorstellung

1) Spatial-Test (Tab. 14, Anhang S. 174):

Das Leistungsniveau hinsichtlich richtiger Antworten ist für die LH signifikant höher als dasjenige der RH ($p \leq 0.03$).

In den einzelnen Lokalisationen gibt es sonst keine interhemisphärischen Unterschiede (Abb. 37a, Anhang S. 210). Die RTP erbringen innerhalb der RH die tiefste Leistung und schneiden signifikant schlechter als die RF ab ($p \leq 0.05$).

Die Fehlerzahl, die sich nicht komplementär zur Anzahl richtiger Antworten verhält, ergibt insgesamt zwischen den beiden Hemisphären keine Signifikanz. Die RTP streichen signifikant häufiger gegenüber den LTP falsche Zeichen an ($p \leq 0.001$) (Abb. 37b, Anhang S. 210). Das schlechte Leistungsniveau der RTP unterscheidet sich auch intrahemisphärisch signifikant gegenüber den RFT ($p \leq 0.005$), den RT ($p \leq 0.003$) und gegenüber den RPO ($p \leq 0.001$), die alle weniger Fehler machen.

2) Dreidimensionale Figuren in verschiedenen Raumlagen (Tab. 15, Anhang S. 175):

Zwischen den beiden Hemisphären insgesamt ist in der Identifikation dreidimensionaler Figuren in verschiedenen Raumlagen kein signifikanter Unterschied zu finden. Wie in Abbildung 37a (Anhang S. 210) dargestellt ist, erkennen hingegen die RTP gegenüber den LTP signifikant weniger Figuren richtig ($p \leq 0.02$). Die RTP fallen leistungsmässig aber auch gegenüber den RFT signifikant ab ($p \leq 0.005$).

Für diesen Test wurde auch die Zeit gemessen. In der Zeitmessung ergeben sich interhemisphärisch signifikante Unterschiede zwischen den LTP und den RTP ($p \leq 0.05$), die signifikant längere Zeit zur Lösung der Aufgabe benötigen. Die RT haben im intrahemisphärischen Vergleich auch ein signifikant grösseren Zeitaufwand gegenüber den RF ($p \leq 0.03$), und die RTP gegenüber den RF ($p \leq 0.002$) sowie die RPO gegenüber den RF ($p \leq 0.02$).

3) Links-Rechts-Differenzierung (Tab. 16, Anhang S. 176):

Der Links-Rechts-Differenzierungs-Test ergibt auf die ganze Hemisphäre bezogen keine signifikanten Unterschiede.

Auch interhemisphärisch sind zwischen den einzelnen Lokalisationen beider Hemisphären keine solchen Unterschiede zu finden (Abb. 38a + b, Anhang S. 211). In der LH schneiden die LT am schlechtesten ab und unterscheiden sich signifikant gegenüber den LPO ($p \leq 0.03$). In der RH erbringen die RFT die tiefste Leistung, die sich jedoch nicht signifikant gegenüber den übrigen Gruppen unterscheidet.

Bezüglich der Fehler der linken Hände und Füße dieses Tests (Abb. 38b, Anhang S. 211) ist ebenfalls der signifikante Unterschied zwischen LT und LPO ($p \leq 0.04$) zu erwähnen. In der rechten Hemisphäre besteht ein solcher Unterschied zwischen RFT und RTP ($p \leq 0.03$) zuungunsten der RTP. Die Fehler hinsichtlich rechtsseitiger Extremitäten ergeben ebenso wie die Zeitmessung keine signifikanten Leistungsunterschiede.

Die Zusammenstellung der Signifikanzen in den verschiedenen Variablen der Raumvorstellungs-Tests ist in Tabelle 24 (Anhang S. 198) zu finden.

8.2.5. Konstruktiv- oder visuo-praktische Tests

1) Rey-Figur (Tab. 17a + b, Anhang S. 177 + 178):

Für die Kopie der Rey-Figur (Abb. 39a, b + c, Anhang S. 212 + 213) sind zwischen den Hemisphären insgesamt nur für die Verschiebung von Elementen der Figur signifikante Unterschiede zugunsten einer besseren Leistung der linksseitigen Läsionen zu verzeichnen ($p \leq 0.04$).

Beim Betrachten der Mittelwerte und Standardabweichungen fallen für die Verschiebungen und Entstellungen sowohl in der Kopie wie in der Reproduktion aus dem Gedächtnis die sehr hohen Standardabweichungen auf, die in einigen Fällen die Mittelwerte sogar übersteigen. Dies weist auf eine recht grosse Heterogenität dieser Fehlerzahlen innerhalb der Untergruppen hin. Daher sind deren Interpretationen mit Vorsicht anzugehen.

Interhemisphärisch unterscheiden sich die TP in der Verschiebung von Elementen hochsignifikant voneinander ($p \leq 0.001$) und die F signifikant voneinander ($p \leq 0.04$). Die LTP verschieben hochsignifikant weniger Elemente, während im Gegensatz dazu die LF signifikant mehr solche Verschiebungen haben. Die LT lassen bei der Kopie am meisten Elemente weg und unterscheiden sich intrahemisphärisch signifikant von den LTP ($p \leq 0.05$). In den Entstellungen fallen die LFT und die RFT aus dem Rahmen. Die LFT entstellen sehr viele Elemente und unterscheiden sich darin auch signifikant von den LTP ($p \leq 0.008$). Die RFT dagegen machen auffallend wenige solcher Fehler und unterscheiden sich signifikant von den RTP ($p \leq 0.04$). Bei den Elementenverschiebungen sind es die RTP, die durch viele solcher Fehler auffallen und sich hochsignifikant von den RF und RPO ($p \leq 0.001$) und signifikant von den RFT ($p \leq 0.008$) und RT ($p \leq 0.05$) unterscheiden. In der LH fallen die LF durch eine Vielzahl von Verschiebungen auf, wobei sich intrahemisphärisch ein signifikanter Unterschied im Vergleich mit den LFT ($p \leq 0.005$), den LT ($p \leq 0.007$) und den LTP ($p \leq 0.004$) ergibt.

Bei der Reproduktion der Rey-Figur aus dem Gedächtnis (Abb. 39a,b + c, Anhang S. 212 + 213) sind nur intrahemisphärisch signifikante Unterschiede für Verschiebungen zwischen den LF und LTP ($p \leq 0.05$) und den RF und RTP ($p \leq 0.04$) zu vermerken. Die anterioren Gruppen verschieben dabei in beiden Hemisphären signifikant häufiger Figur-Elemente.

Die separate Auszählung von Elementen und deren Verschiebungen und Entstellungen nach linker und rechter Figurhälfte ergibt etwa gleiche Häufigkeiten auf beiden Figurhälfen. Damit können keine Hinweise auf eine zur Läsion kontralaterale Häufung von Auslassungen oder qualitativen Veränderungen belegt werden.

2) Würfelvervollständigen (Tab. 17b, Anhang S. 178):

Beim Würfelvervollständigen (Abb. 40, Anhang S. 214) sind zwischen den Hemisphären insgesamt und im interhemisphärischen Vergleich keine signifikanten Abweichungen festzustellen. In der rechten Hemisphäre ergeben sich intrahemisphärisch Unterschiede zwischen den RF und RTP ($p \leq 0.03$) und RFT und RTP ($p \leq 0.02$), da die RTP weniger Linien richtig einzeichnen.

In Tabelle 25 (Anhang S. 199) sind die signifikanten Unterschiede im inter- und intrahemisphärischen Vergleich für die Kopie und Wiedergabe aus dem Gedächtnis der Rey-Figur und das Würfelvervollständigen zusammengestellt.

8.2.6. Körperschema-Prüfung (Tab. 18a + b, Anhang S. 179 + 180)

Im Körperschema-Test nach Semmes (Abb. 41a,b + c, Anhang S. 214 + 215) finden wir nur für die Fehler auf der rechten Körperhälfte eine Hemisphärenasymmetrie, indem die rechtshemisphärischen Läsionen signifikant mehr Fehler ($p \leq 0.03$) auf der rechten Körperhälfte zeigen. Tendenzmässig trifft dies jedoch auch für die linke Körperhälfte zu.

Interhemisphärisch schneiden die RT gegenüber den LT in der Anzahl richtiger Antworten signifikant schlechter ab ($p \leq 0.02$) und machen signifikant mehr Fehler auf der rechten Körperhälfte ($p \leq 0.02$) und signifikant mehr Spiegelfehler ($p \leq 0.05$). Intrahemisphärisch geben die RT signifikant weniger richtige Antworten als die RPO ($p \leq 0.05$). Dieses signifikante Leistungsdefizit der RT spiegelt sich auch in den Fehlern auf der rechten Körperhälfte gegenüber den RF ($p \leq 0.03$) und den RPO ($p \leq 0.03$) und in den Spiegelfehlern

gegenüber den RPO ($p \leq 0.05$). Die LF und RFT machen überhaupt keine Vorne-Hinten-Verwechslungen. Für die Links-Rechts-Verwechslungen wurden keine multiplen t-Tests durchgeführt, da in der Varianzanalyse keine globale Signifikanz erreicht war.

Die signifikanten Unterscheidungen in den Variablen des Körperschema-Tests nach Semmes sind in Tabelle 26 (Anhang S. 200) zusammengestellt.

8.3. Funktionelle Zusammenhänge und Eigenständigkeit der einzelnen räumlichen Funktionsbereiche

Die Frage nach der funktionellen Lokalisation, d.h. nach der Selbständigkeit einzelner Funktionsbereiche kann vorerst einmal auf dem Hintergrund der hirnlokalisatorischen Fragestellung zu beantworten versucht werden. Auf dem Modell der Komplexitätsgrade der verschiedenen Funktionen aufbauend, können grösstenteils die Erkenntnisse von De Renzi und Mitarbeiter bestätigt werden. Die visuelle Linien-Orientierung ist eine eindeutige Funktion des rechts posterioren Hirnareals. Für die taktil-visuelle Testvariante ergibt sich bereits keine klare Asymmetrie mehr, was auf eine Mitbeteiligung der linken Hemisphäre schliessen lässt. Vergleicht man allerdings die posterioren Gruppen der linken und rechten Hemisphäre getrennt, schneiden die rechts posterioren signifikant schlechter ab. Die Mitbeteiligung der linken Hemisphäre ist vermutlich durch die cross-modale Assoziation erklärbar (Butters et al. 1970). Auch bei der simultanen Einzeichen-Version der Linien-Orientierung verschwindet die Asymmetrie auf die beiden Hemisphären insgesamt bezogen. Die LTP sind jedoch signifikant besser als die RTP. In der verzögerten Test-Variante verschwindet auch dieser Unterschied zwischen LTP und RTP bezüglich der richtigen Antworten, nicht aber bezüglich der linksseitigen Fehler. Zusammenfassend zentriert sich also die Funktion der Linien-Orientierung im rechts parietalen Hirnareal, bleibt aber nur für die visuelle

Aufgabe auf diese Hirnlokalisation beschränkt. Für die beiden andern Testvarianten fällt vorallem die bilaterale Beteiligung auf. Die unimodale-taktile Formdiskrimination hat lokalisatorisch ihr Schwergewicht rechts parieto-okzipital, zeitigt aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hemisphären, d.h. keine Asymmetrie. In der visuellen Formdiskrimination (überlappte Figuren) ist eine Asymmetrie zuungunsten der RH vorhanden. Innerhalb der RH unterscheiden sich die anterioren von den posterioren Gruppen. Dieselbe Feststellung gilt auch für die Fehler bei den rotierten überlappten Figuren. Der Figur-Muster-Vergleich unterscheidet sich vom Test mit überlappten Figuren darin, dass keine Asymmetrie besteht. Die fehlende Asymmetrie ist damit erklärbar, dass dieser Test sowohl Organisations- und Planungsverhalten wie auch eine perzeptive Komponente enthält. Diese Funktionskomponenten sind frontal und im rechten posterioren Quadranten lokalisierbar. Deshalb fallen die LF und die RTP gegenüber den restlichen Gruppen leistungsmässig ab. In der Ähnlichkeits-Wahrnehmung bezüglich geometrisch-topologischen Kriterien ist weder unimodal-taktil noch unimodal-visuell eine Asymmetrie der beiden Hemisphären zu finden, obwohl sich auch hier rechts temporo-parietal ein Schwergewicht nachweisen lässt. In der taktilen Version sind die RF gegenüber den LF signifikant besser. Dies könnte bedeuten, dass die Aufgabe einen zusätzlichen Kategorisierungs-Prozess beinhaltet, der eine links frontale Funktion ist. Bei den zweidimensionalen Raumoperationen (Spatial-Test) lösen die LH signifikant mehr Aufgaben richtig. Zudem sind die RTP gegenüber den RF signifikant schlechter. Bei den in der Tiefenebene rotierten dreidimensionalen Figuren kann hingegen keine Asymmetrie festgestellt werden, obwohl die RTP auch in diesem Test die schlechtesten Ergebnisse erzielen. Die Links-Rechts-Differenzierung zeitigt ebenfalls keine Hemisphären-Asymmetrie. Die LT weisen das tiefste Leistungsniveau auf.

Zusammenfassend ergibt sich für alle geprüften Funktionsbereiche mit Ausnahme der Links-Rechts-Differenzierung, der Reproduktion der Rey-Figur aus dem Gedächtnis und des Semmes-Tests eine betonte rechtshemisphärisch-posteriore Beteiligung, wenn auch in unterschiedlichem Ausmasse. Dies hängt davon ab, dass in allen diesen Funktionen eine bestimmte räumlich-perzeptive Komponente vorherrscht. Andererseits werden vermutlich diese Funktionen unterschiedlich dekodiert. Eine eindeutige rechtshemisphärische und damit ganzheitliche Dekodierung oder Erfassung trifft nur für die visuelle Linien-Orientierung, für die Identifizierung überlappter Figuren und für den Spatial-Test zu. Alle übrigen Funktionen schliessen vor allem in unterschiedlichem Grade eine Beteiligung links frontaler (Figur-Muster-Vergleich), links temporaler (Links-Rechts-Differenzierung) oder links temporoparietaler (cross-modale Funktionen) Hirnareale ein.

8.4. Einfluss der Modalität

Vergleicht man die Funktionsbereiche Linien-Orientierung, Formdiskrimination und Ähnlichkeits-Wahrnehmung in ihrer visuellen und taktilen Durchführung, fällt für alle cross-modalen oder taktilen Aufgaben das Fehlen einer Hemisphären-Asymmetrie auf. Bei der visuell-taktilen Linien-Orientierung mit der linken Hand ist zwischen den PO beider Hemisphären ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.02$) in der Treffsicherheit zugunsten der LPO zu sehen. Mit der rechten Hand schneiden die LT signifikant schlechter ab als die RT ($p \leq 0.006$), während die LTP signifikant besser sind als die RTP ($p \leq 0.005$). Es ist allerdings zu beachten, dass es sich bei der visuell-taktilen Linien-Orientierung um eine cross-modale Aufgabe handelt.

Eine spezielle Variante bildet das Linien-Einzeichnen, da die Antwort nicht verbal oder durch Zeigen erfolgt, sondern durch eine motorische oder exekutive Antwort. Aus diesem Grunde wird beim Vergleich des Outputs durch verschiedene

Modalitäten auch diese Test-Variante angeführt. Es lässt sich im grossen Ganzen die gleiche Feststellung einer fehlenden Asymmetrie bei dieser Aufgabe machen. Vergleicht man jedoch bloss die TP beider Hemisphären miteinander, ergibt sich ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.001$) zuungunsten der rechten Hemisphäre.

Bei der taktilen Formdiskrimination mit der ipsilateralen Hand haben die RPO die niedrigste Leistung und unterscheiden sich signifikant gegenüber den LPO ($p \leq 0.05$), aber auch intrahemisphärisch gegenüber den RFT ($p \leq 0.009$). Im Vergleich der beiden Hemisphären insgesamt besteht eine Tendenz zu besserer Leistung bei linkshemisphärischen Läsionen, obwohl das Signifikanzniveau nicht erreicht wird ($p \leq 0.07$).

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei allen Probanden um Rechtshänder. Die N haben jedoch weder in inter-modalen noch in intra-modalen taktilen Aufgaben einen Unterschied hinsichtlich der antwortenden Hand gezeigt. Dieser Befund erklärt sich möglicherweise dadurch, dass sich die aufgabenspezifische Ueberlegenheit der linken Hand bzw. rechten Hemisphäre (Franco und Sperry 1977, Benton, Levin und Varney 1973) und die bessere Übung der bevorzugten rechten Hand die Waage halten. Bei den Hirngeschädigten führen die Patienten mit rechtsseitigen Läsionen die Aufgabe mit der ipsilateralen bzw. bevorzugten Hand aus, während die Patienten mit linksseitigen Läsionen die linke Hand verwenden. Die Befunde zeigen jedoch trotzdem eine bessere Leistung der Patienten mit linksseitiger Läsion. Zudem werden diese Ueberlegungen durch die Befunde bei Normalen entkräftet.

In der taktilen Ähnlichkeits-Wahrnehmung schneiden im Gruppenvergleich bezüglich geometrisch-topologischer Kriterien die LF gegenüber den RF signifikant schlechter ab ($p \leq 0.009$), während andererseits die RTP gegenüber den LTP weniger solche Wahlen treffen ($p \leq 0.001$). Aus der visuellen Aufgabe ist keine frontale Beteiligung ableitbar, während ebenfalls die RTP gegenüber den LTP signifikant weniger häufig solche Wahlen treffen ($p \leq 0.04$).

Wenn wir diese Befunde zusammenfassen, sind die Resultate der taktilen Tests allgemein lokalisatorisch weniger eindeutig als in den entsprechenden unimodalen visuellen Tests.

Weitere Aspekte der Beziehungen zwischen taktilen und visuellen Aufgaben geben die Korrelationen zwischen den einzelnen entsprechenden Variablen in den Kontroll- und Läsionsgruppen. Die Korrelationen (Tab. 27a,b + c, Anhang S. 217 - 219) zwischen den visuellen und taktilen und exekutiven Linien-Orientierungs-Tests sowie zwischen der visuellen und taktilen Ähnlichkeits-Wahrnehmung sind für die Hirngesunden signifikant. Für die Läsionsgruppen haben wir unterschiedlich hohe Korrelationen zwischen diesen Tests, wobei besonders in den RTP und RPO gehäuft signifikante Korrelationen zu finden sind. Dies weist vermutlich darauf hin, dass diese Gruppen bezüglich der räumlichen Komponente, die in der visuellen wie in der taktilen Aufgabe vorhanden ist, ein Defizit aufweisen.

8.5. Faktorenanalytische Ueberprüfung der Variablen

Die Selbständigkeit einzelner Funktionsbereiche wurde auch mittels einer Faktorenanalyse untersucht. Daraus kann ermittelt werden, in welchem Masse die einzelnen angenommenen Faktoren mit den in der Faktorenanalyse extrahierten Faktoren übereinstimmen. Es sei aber auch schon hier auf die Problematik der Heterogenität der in der Faktorenanalyse verwendeten Daten hingewiesen, die varianzanalytisch bereits bestätigt wurde. Die in der Faktorenanalyse untersuchten Variablen entstammen den a priori postulierten Raumfaktoren Linien-Orientierung, Formwahrnehmung, Raumvorstellung und Ähnlichkeits-Wahrnehmung. Die Auswahl erfolgte nach dem Gesichtspunkt einer gleichmässigen Verteilung auf diese hypothetischen Dimensionen. Zudem wurden das Abzeichnen der Rey-Figur und deren Erinnerung nach $1\frac{1}{2}$ Stunden und ebenfalls das Vervollständigen von Würfeln einbezogen. Für die

a priori postulierten Faktoren wurden 22 Variablen berücksichtigt: Spatial-Test, Anzahl richtige Antworten; Spatial-Test, Anzahl Fehler; Dreidimensionale Figuren, Anzahl richtige Antworten; Dreidimensionale Figuren, benötigte Zeit; Visuelle Linien-Orientierung, Anzahl richtige Antworten; Visuell-taktile Linien-Orientierung, Anzahl richtige Antworten; Linien-Einzeichnen simultan, Anzahl richtige Antworten; Linien-Einzeichnen verzögert, Anzahl richtige Antworten; Links-Rechts-Differenzierung, Anzahl richtige Antworten; Links-Rechts-Differenzierung, benötigte Zeit; Ueberlappte Figuren, Anzahl richtige Antworten, Ueberlappte Figuren, benötigte Zeit; Figur-Muster-Vergleich, Anzahl richtige Antworten; Figur-Muster-Vergleich, benötigte Zeit; Unimodale taktile Formdiskrimination, Anzahl richtige Antworten; Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien; Visuell-taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien; Kopie der Rey-Figur, Anzahl richtige Elemente; Wiedergabe der Rey-Figur aus dem Gedächtnis, Anzahl richtige Elemente; Würfelvervollständigen, Anzahl richtig ergänzte Linien.

Das erste Problem stellte die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren dar. Es wurde dafür das Vorgehen, welches Cattell (1966) als "Scree-Test" angibt, gewählt. Es wird dabei von der grafischen Darstellung aller Eigenwerte der Korrelationsmatrix ausgegangen, die in der Reihenfolge ihrer Grösse aufgetragen werden. Nach diesen Kriterien sind fünf Faktoren beizubehalten. Die Eigenwerte geben jedoch bereits einen Hinweis darauf, dass schon mit dem ersten Faktor ein grosser Anteil der Gesamtvarianz erklärt wird. In Tabelle 28 (Anhang S. 221) werden die Varianzanteile an der Gesamtvarianz der fünf Faktoren aufgezeigt. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass 65,7 % der Gesamtvarianz mit den fünf extrahierten Faktoren erklärt wird. Es wäre also eigentlich notwendig, weitere Faktoren anzufügen. Aus der Sicht einer sinnvollen Interpretation der Zusammengehörigkeit der in jedem Faktor enthaltenen Variablen wurden fünf Faktoren bei-

behalten. Für die Achsenrotation wurde das Varimax-Verfahren angewendet (Ueberla 1971). In Abbildung 42 (Anhang S. 224) sind die Varianzanteile der einzelnen Faktoren in Bezug auf die Gesamtvarianz und in Bezug auf die Gesamtkommunalität grafisch dargestellt.

8.5.1. A priori postulierte und extrahierte Faktoren

Der Vergleich zwischen den a priori postulierten Faktoren und den Variablengruppen, die faktorenanalytisch gebildet wurden, zeigte eine Verschiebung hinsichtlich der Zugehörigkeit gewisser Variablen zu den Faktoren.

A priori postulierte Faktoren:

1. Faktor: Linien-Orientierung

- Visuelle Linien-Orientierung, richtige Antworten
- Visuell-taktile Linien-Orientierung, richtige Antworten
- Linien-Einzeichnen simultan, richtige Antworten
- Linien-Einzeichnen verzögert, richtige Antworten

2. Faktor: Formwahrnehmung

- Taktile Formdiskrimination, richtige Antworten
- Ueberlappte Figuren, richtige Antworten
- Ueberlappte Figuren, benötigte Zeit
- Figur-Muster-Vergleich, richtige Antworten
- Figur-Muster-Vergleich, benötigte Zeit

3. Faktor: Raumvorstellung

- Spatial-Test, richtige Antworten
- Spatial-Test, Fehler
- Dreidimensionale Figuren, richtige Antworten
- Dreidimensionale Figuren, benötigte Zeit
- Links-Rechts-Differenzierung, richtige Antworten
- Links-Rechts-Differenzierung, benötigte Zeit

4. Faktor: Ähnlichkeits-Wahrnehmung

- visuell, Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien
- visuell, Wahl nach formmässigen Kriterien
- taktil, Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien
- taktil, Wahl nach formmässigen Kriterien

5. Faktor: Visuo-praktische Tests

- Rey-Figur, Kopie, richtige Elemente
- Rey-Figur, Wiedergabe aus Gedächtnis, richtige Elemente
- Würfelvervollständigen, richtig ergänzte Linien

Extrahierte Faktoren:

1. Faktor: Primär-visuelle räumliche Aufgaben

- Visuelle Linien-Orientierung, richtige Antworten
- Linien-Einzeichnen simultan, richtige Antworten
- Linien-Einzeichnen verzögert, richtige Antworten
- Ueberlappte Figuren, richtige Antworten
- Figur-Muster-Vergleich, richtige Antworten
- Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung, Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien
- Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung, Wahl nach formmässigen Kriterien
- Würfelvervollständigen, richtig ergänzte Linien

2. Faktor: Zeit

- Dreidimensionale Figuren, benötigte Zeit
- Ueberlappte Figuren, benötigte Zeit
- Figur-Muster-Vergleich, benötigte Zeit

3. Faktor: Raumvorstellung

- Spatial-Test, richtige Antworten
- Spatial-Test, Fehler
- Dreidimensionale Figuren, richtige Antworten
- Links-Rechts-Differenzierung, richtige Antworten
- Links-Rechts-Differenzierung, benötigte Zeit

4. Faktor: Intermodale Aufgaben

- Visuell-taktile Linien-Orientierung, richtige Antworten
- Rey-Figur, Kopie, richtige Elemente
- Rey-Figur, Wiedergabe aus Gedächtnis, richtige Elemente

5. Faktor: Ähnlichkeits-Wahrnehmung und unimodale taktile Aufgaben

- Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung, Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien
- Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung, Wahl nach formmässigen Kriterien
- Taktile Formdiskrimination, richtige Antworten

Die hauptsächlichste Variablen-Verschiebung betrifft die ersten beiden Faktoren. Es erweist sich, dass primär-visuelle räumliche Aufgaben wie die visuelle Linien-Orientierung, Identifikation überlappter Figuren, das Vervollständigen von teilweise vorgegebenen Würfeln und schliesslich auch das visuelle Zuordnen von einander ähnlichen Figuren nach geometrisch-topologischen und formmässigen Kriterien überwiegend auf einem einzigen Faktor laden. Dieser Faktor erklärt auch bereits 20% der Gesamtvarianz. In einem weiteren Faktor befinden sich die Zeitvariablen. Es handelt sich um die Zeitmessung bei den überlappten Figuren, beim Figur-Muster-Vergleich sowie bei den dreidimensionalen Figuren. Die Raumvorstellungs-Tests bilden hingegen wiederum für sich einen Faktor, wobei auch die Zeitmessung für die Links-Rechts-Differenzierung hauptsächlich auf diesem Faktor lädt. Die recht komplexe Aufgabe des Abzeichnens einer Figur ab Vorlage und ihre Wiedergabe aus dem Gedächtnis und ebenfalls die intermodale Aufgabe der visuell-taktilen Linien-Orientierung liegen auf einem weiteren Faktor. Schliesslich finden wir die Variablen der taktilen Aehnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen und formmässigen Kriterien und die unimodale taktile Formdiskrimination auf einer Dimension. Es fällt für die Aehnlichkeits-Wahrnehmung auf, dass die visuelle Aufgabe hauptsächlich auf dem ersten Faktor lädt, während die taktile Aufgabe ihre höchste Faktorenladung auf dem fünften Faktor hat und die zweithöchste Faktorladung auf dem ersten Faktor.

Um zu zeigen, wie gewichtig eine Variable in Bezug auf ihren Hauptfaktor, auf dem sie die grösste Ladung aufweist, wirklich ist, und wieviel des Anteils der Einheitsvarianz auf die übrigen Faktoren entfallen, und wieviel für den Einzelrest-Faktor bleibt, wird für die einzelnen Variablen in Tabelle 29 (Anhang S. 222) deren jeweilige Prozentanteile dargestellt. Aus dieser Tabelle kann herausgelesen werden, welchen wirklichen Varianzanteil eine Variable in ihrem zugehörigen Faktor hat. Es geht deutlich daraus hervor, dass einige Variablen

mehr und andere weniger gewichtig auf der entsprechenden Dimension sind, d.h. dass die einen Variablen mehr und andere weniger eindeutig zu einer einzigen Dimension gehören. Dies trifft zum Beispiel klar für die Variable Linien-Einzeichnen simultan, richtige Antworten zu, deren Varianzanteil in den übrigen vier Faktoren sogar den Varianzanteil im Hauptfaktor übertrifft. Für die Variable Figur-Muster-Vergleich, richtige Antworten zeigt sich, wie wenig der Gesamtvarianz eigentlich auf den Hauptfaktor und die übrigen vier Faktoren fällt, und wieviel der Gesamtvarianz durch den Einzelrest-Faktor erklärt wird. Dies würde bedeuten, dass hinsichtlich dieser Variablen mehr Faktoren extrahiert werden müssten, um das Verhältnis der Varianzanteile der extrahierten Faktoren zu jenem des Einzelrest-Faktors umzukehren.

8.5.2. Extrahierte Faktoren und inter- sowie intra-hemisphärischer Vergleich

Aus vorher erwähnten Ueberlegungen wird verständlich, dass trotz teilweiser Uebereinstimmung der a priori postulierten Faktoren mit den extrahierten Faktoren hinsichtlich vieler Variablen wesentliche Ueberschneidungen in Bezug zu den Faktoren bestehen. Für viele Variablen können wir aber nicht eine ganz eindeutige Zugehörigkeit zu einem einzigen Faktor ableiten, da sie ebenfalls hohe Faktorenladungen auf weiteren Dimensionen aufweisen. In gewissen Fällen könnte daher eine Variable gemäss der Faktorenladung sowohl zum einen wie auch zum andern Faktor gehören. Eine Erklärung für diese Ueberschneidungen der Dimensionen und wenig eindeutiger Zugehörigkeit einzelner Variablen zu diesen Dimensionen mag wohl darin liegen, dass die Testvariablen ein recht wenig definiertes und vielfältigeres Feld umfassen, als oft bei Raumtest-Aufgaben angenommen wird. Die Dimensionen überschneiden sich in gewissen Variablen, was für ihre gegenseitige Abhängigkeit spricht.

8.5.2.1. Vorgehen

Diese Ueberlegungen führten zu folgendem Vorgehen. Der Vergleich der beiden Hirnhemisphären und auch der entsprechenden lateralen Lokalisation hinsichtlich der fünf extrahierten Faktoren wurde aufgrund der Factor-Scores jedes einzelnen Patienten auf der betreffenden Dimension durchgeführt. Beim Vergleich fallen somit auf einer Dimension, zum Beispiel der Raumvorstellung, vorallem diejenigen Variablen ins Gewicht, die den Funktionsbereich Raumvorstellung messen, während die anderen Variablen ebenfalls berücksichtigt sind. Die niedere Faktorenladung dieser übrigen Variablen gibt diesen jedoch nur eine sehr geringe Bedeutung auf der Dimension Raumvorstellung. In Fällen, in denen die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Dimension nicht so eindeutig ist, wird damit der Anspruch von Variablen mit mehrdimensionaler Bedeutung in allen fünf Faktoren berücksichtigt. Dieses Vorgehen erschwert allerdings eine klare Charakterisierung der einzelnen Dimensionen. Die beiden Hirnhemisphären und die entsprechenden lateralen Hirnlokalisationen wurden mittels der Factor-Scores als abhängiger Variablen mit je einer einfachen Varianzanalyse als signifikante Unterschiede hin in den fünf Faktoren überprüft.

8.5.2.2. Hemisphären-Vergleich

Ich gehe von der Annahme aus, dass sich die beiden Hirnhemisphären bezüglich der extrahierten Faktoren unterscheiden. Die rechte Hemisphäre müsste also bezüglich der fünf Dimensionen schlechtere Leistungen bringen. In einer einfachen Varianzanalyse zeigt sich im ersten Faktor ein signifikanter Unterschied zwischen der LH und der RH ($F(1/73) = 3.89$; $p \leq 0.04$), während für die übrigen Faktoren die einfache Varianzanalyse signifikant ausfällt.

8.5.2.3. Inter- und intra-hemisphärischer Vergleich der einzelnen Hirnlokalisationen

In einer weiteren einfachen Varianzanalyse wurden die einzelnen Patientengruppen inter- und intra-hemisphärisch aufgrund der fünf Faktoren verglichen.

In Tabelle 30 (Anhang S. 223) sind die Ergebnisse des inter-hemisphärischen Vergleichs aufgeführt. In Bezug auf den ersten Faktor unterscheiden sich die beiden posterioren Läsionsgruppen signifikant voneinander (TP: $p \leq 0.02$; PO: $p \leq 0.04$). Für den fünften Faktor ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den PO und für den dritten Faktor zwischen den TP. Aufgrund der bekannten Mittelwerte der einzelnen Variablen kann gefolgert werden, dass die RTP und die RPO in primär visuellen räumlichen Aufgaben signifikant schlechter abschneiden als linksseitig Geschädigte. Bei den Raumvorstellungs-Aufgaben (4. Faktor) fallen nur die RTP signifikant schlechter aus, während für die taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien und die unimodale taktile Formdiskrimination (5. Faktor) die RPO ein signifikantes Defizit zeigen.

Im intra-hemisphärischen Vergleich ergibt sich bloss im ersten Faktor zwischen den RF und RFT und den RTP jeweils ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.05$).

8.6. Einfluss von Gesichtsfeldeinschränkungen

Die Patienten mit Läsionen in der linken oder rechten Hemisphäre wurden jeweils in zwei Gruppen mit und ohne Gesichtsfeldausfälle aufgeteilt. Somit ergaben sich vier Patientengruppen, deren Mittelwerte der einzelnen Variablen in den Tabellen 31 - 34 (Anhang S. 226 - 229) aufgeführt sind. Es sei noch erwähnt, dass die so zusammengestellten Gruppen nicht ohne weiteres lokalisatorisch mit anterioren und posterioren Läsionsgruppen gleichgesetzt werden können. Um zu überprüfen, ob und in welchem Masse die Hemianopsie per-

zeptive Defizite erklärt, wurden alle hemianopischen Patienten mit denjenigen Patienten ohne Gesichtsfeldeinschränkungen verglichen. Zugleich wurde ein solcher Vergleich für beide Hemisphären getrennt durchgeführt. Ueberdies wurden die Mittelwerte der Variablen der linksseitigen und rechtsseitigen Hemianopiker miteinander verglichen. Die Ergebnisse dieser einfachen varianzanalytischen Ueberprüfung sind in den Tabellen 35 - 38 (Anhang S. 231 - 234) festgehalten.

Bezüglich sämtlicher Variablen fällt auf, dass die beiden Gruppen der linken Hemisphäre keine signifikanten Leistungsunterschiede aufweisen. Es sind jedoch signifikante Unterschiede zwischen den hemianopischen Patienten und den übrigen insgesamt, zwischen den beiden Gruppen der rechten Hemisphäre und zwischen linksseitigen und rechtsseitigen hemianopischen Patienten in verschiedenen Variablen zu finden.

Linien-Orientierung (Tab. 31 + 35, Anhang S. 226 + 231):

In der Einschätzung von Linien-Orientierungen unterscheiden sich die hemianopischen Patienten von den übrigen Patienten nur in der taktilen Aufgabe sowohl bezüglich der richtigen Antworten ($p \leq 0.005$) als auch bezüglich der linksseitigen Fehler ($p \leq 0.02$). Nur auf die rechte Hemisphäre bezogen ist ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit linksseitigen Hemianopsien und den restlichen rechtsseitig geschädigten Patienten ohne Hemianopsie bezüglich der Anzahl richtiger Antworten in der visuellen ($p \leq 0.02$) und der taktilen Aufgabe ($p \leq 0.03$) zu finden. Zudem werden in der hemianopischen Gruppe der rechten Hemisphäre signifikant mehr linksseitige Fehler in der visuellen Aufgabe ($p \leq 0.05$), in der taktilen Aufgabe ($p \leq 0.02$) und im simultanen Linien-Einzeichnen ($p \leq 0.04$) gemacht. Für die hemianopische Gruppe der linken Hemisphäre können solche Effekte weder für die linksseitigen noch für die rechtsseitigen Fehler gefunden werden. Wenn die hemianopischen Patienten beider Hemisphären miteinander verglichen werden, schätzen die Hemianopiker mit rechts hemisphärischen Schädigungen in der visuellen Aufgabe

signifikant weniger Linien ($p \leq 0.02$) richtig ein. In allen Linien-Orientierungs-Aufgaben (visuell, taktil, simultan und verzögertes Einzeichnen) unterlaufen den Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen und linksseitigen Hemianopsien mehr Fehler auf der linken Vorlagehälfte. Der umgekehrte Effekt gehäufte Fehler auf der rechten Vorlagehälfte bei rechtsseitigen Hemianopsien wurde nicht gefunden.

Formwahrnehmung (Tab. 32 + 36, Anhang S. 227 + 232):

Die Hemianopiker insgesamt sind signifikant schlechter in der taktilen Formdiskrimination ($p \leq 0.03$) und hochsignifikant schlechter im richtigen Identifizieren von überlappenden Figuren ($p \leq 0.001$). Dies zeigt sich auch in hochsignifikant häufigeren Fehlern ($p \leq 0.001$) bei rotierten Figuren in diesem Test. Vergleichen wir nur die Gruppen der rechten Hemisphäre ergeben sich die gleichen Unterschiede zuungunsten der hemianopischen Gruppe bei den überlappenden Figuren. Die rechtshemisphärischen Hemianopiker sind bei der Identifikation überlappter Figuren signifikant schlechter als die linkshemisphärischen Hemianopiker ($p \leq 0.05$).

Bezüglich des Figur-Muster-Vergleichs sind keine Gruppenunterschiede festzustellen.

Ähnlichkeits-Wahrnehmung (Tab. 32 + 36, Anhang S. 227 + 232):

In der visuellen Ähnlichkeits-Wahrnehmung besteht in der Wahl nach geometrisch-topologischen Kriterien zwischen Hemianopikern und Patienten ohne Gesichtsfeldausfälle ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.009$), indem die hemianopischen Patienten weniger häufig nach diesem Kriterium Ähnlichkeit bestimmen. Dieser signifikante Unterschied ist auch für die beiden Gruppen der rechten Hemisphäre zu finden, bei denen die Hemianopiker weniger geometrisch-topologische Wahlen treffen ($p \leq 0.09$). In der taktilen Aufgabe sind hingegen keine solchen Effekte festzustellen.

Raumvorstellung und übrige Tests (Tab. 33,34 + 37,38, Anhang S. 228,229 + 233,234):

In allen übrigen Tests, wie Raumvorstellungs-Aufgaben, Kopie und Wiedergabe der Rey-Figur aus dem Gedächtnis, Würfelvervollständigen und Orientierung am eigenen Körper sind zwischen den vier erwähnten Gruppen keine signifikanten Leistungsunterschiede zu finden.

8.7. Geschlechtsspezifität räumlicher Fähigkeiten

In den Tabellen 39 - 41 (Anhang S. 236 - 238) sind die Mittelwerte von Männern und Frauen getrennt für sämtliche geprüften Variablen zusammengestellt. Die vorausgegangene Ueberprüfung des Geschlechtseinflusses bei der Gruppe der N ergab keine signifikanten Abweichungen zwischen den beiden Geschlechtern. Der Leistungsvergleich zwischen Männern und Frauen wurde danach für die Gesamtpopulation, die die Kontrollgruppen und Patientengruppen umfasst, durchgeführt, da die Frage nach einem generellen Leistungsunterschied beider Geschlechter im Vordergrund stand.

In einer Uebersichtsarbeit stellt Harris (1978) die möglichen Faktoren für geschlechtsspezifische Unterschiede in räumlichen Fähigkeiten dar. Die Rolle der Sozialisation, genetische und neurologische Faktoren und schliesslich die Einflüsse von Hormonen auf die Hirnspezialisierung und die Aktivität des Nervensystems werden auf dem Hintergrund unzähliger Untersuchungsergebnisse diskutiert. Thurstone (1958) wies eine bessere Leistung der Männer bei mentalen Rotationen nach. Figuren, die in einen Hintergrund eingebettet waren, wurden ebenfalls von Männern schneller und treffsicherer identifiziert (Keogh und Ryan 1971, Morf et al. 1971, Witkin et al. 1950 und 1962). Coltheart et al. (1975) stellte bei männlichen Probanden besseres vorstellungsmässig-visuelles Kodieren fest, während weibliche Probanden bei einer verbalen Aufgabe schneller antworteten. In diesem Rahmen wären

noch viele gleichlautende Befunde aufzuzählen (Harris 1978, Kail et al. 1979, Maccoby und Jacklin 1974).

Im Gegensatz zu diesen Befunden fällt in dieser Untersuchung auf, dass die meisten einfachen wie komplexeren Funktionen keinen geschlechtsspezifischen Unterschied zeitigten. Eine Ausnahme bildet dabei die visuo-praktische Aufgabe der Kopie der Figur von Rey, in der die Männer mehr Elemente richtig kopierten und auch eine signifikant bessere Leistung ($p \leq 0.05$) als die Frauen erbrachten. Beim späteren Erinnern dieser Figur ist kein signifikanter Unterschied mehr zu finden, wobei allerdings die Frauen sowohl signifikant mehr Verschiebungen ($p \leq 0.004$) als auch Entstellungsfehler ($p \leq 0.004$) machten.

8.8. Bildungsgrad und Leistungsniveau in räumlichen Funktionen

Die untersuchten Personen wurden nach ihrem schulischen Bildungsstand in drei Gruppen unterteilt; in eine Gruppe mit Primarschulbildung, eine Gruppe mit mindestens drei Jahren Sekundarschulbildung und eine andere Gruppe mit Abschluss in höherer Fachschule, wie Technikum oder Hochschulabschluss. Aufgrund des Leistungsgefälles, das zwischen den N und den Patientengruppen besteht, sind bei der Betrachtung des Bildungseinflusses auf die Testleistung sowohl für die Mittelwertberechnungen wie auch für das varianzanalytische Verfahren die N ausgeschlossen worden. Somit konnte der Einfluss des Bildungsgrades auf eine etwas homogenere Population gezogen, geprüft werden. In den Tabellen 42 - 44 (Anhang S. 239 - 241) sind die Mittelwerte der drei Bildungsgruppen der verschiedenen Variablen aufgeführt.

Obwohl fast durchwegs in allen Variablen ein Leistungsanstieg mit zunehmendem Bildungsgrad ersichtlich ist, sind die meisten Tests nicht bildungsabhängig. In einer einfachen Varianzanalyse hinsichtlich der drei Bildungsgruppen erwiesen sich nur die taktile Linien-Orientierung unabhängig von der aus-

führenden Hand, die gemessene Zeit im Figur-Muster-Vergleich, die Raumvorstellungs-Tests (Spatial-Test und Dreidimensionale Figuren), die visuelle und taktile Ähnlichkeitswahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien, die Anzahl Entstellungen bei der Kopie der Rey-Figur und das Würfelvervollständigen als bildungsabhängig. Bei der taktilen Linien-Orientierung hilft vermutlich die bessere Übung und Vorstellungsvermögen der Hochschulabsolventen, dass diese signifikant besser gegenüber den andern beiden Gruppen abschneiden ($p \leq 0.03$). Die Zeitmessung zum Figur-Muster-Vergleich und zum Identifizieren räumlich veränderter dreidimensionaler Figuren zeigen eine ungefähr konstante Zeitzunahme mit absteigendem Bildungsgrad. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Gruppen hinsichtlich der Zeitmessungen (Figur-Muster-Vergleich: $p \leq 0.04$, Dreidimensionale Figuren: $p \leq 0.02$). Im Spatial-Test und bei den Dreidimensionalen Figuren besteht zwischen den drei Gruppen hinsichtlich der richtigen Antworten jeweils ein signifikanter Unterschied (Spatial-Test: $p \leq 0.03$, Dreidimensionale Figuren: $p \leq 0.02$). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Raumvorstellungen kognitive Elemente enthalten, die von Übung und Erfahrung abhängig sind. Bereits Thurstone (1941) erwähnte im Rahmen seiner Intelligenzuntersuchungen die Fähigkeit, räumliche Relationen zu erfassen, wie sie der Spatial-Test misst.

In der visuellen und taktilen Ähnlichkeits-Wahrnehmung ist interessant zu sehen, dass mit absteigendem Bildungsniveau (zwischen Sekundar- und Primarschule) weniger häufig nach geometrisch-topologischen Kriterien ($p \leq 0.05$) gewählt wird. In den visuo-praktischen Tests kommen in der Gruppe mit Primarschulbildung Entstellungsfehler bei der Rey-Kopie signifikant häufiger vor ($p \leq 0.002$) als bei Sekundarschulbildung. Beim Würfelvervollständigen ist je ein hochsignifikanter Leistungsunterschied ($p \leq 0.001$) zwischen allen drei Gruppen zu finden.

Neben den Mittelwerten und der einfachen Varianzanalyse über die drei Bildungsgruppen wurden die Korrelationen der einzelnen Variablen mit dem Bildungsgrad berechnet. Diese geben uns ebenfalls Hinweise auf die Bildungsabhängigkeit der einzelnen Variablen. In Tabelle 45a + b (Anhang S. 242 + 243) sind die Korrelationen zwischen Bildungsgrad und Testvariablen aufgeführt. Zusätzlich ist vermerkt, ob die Korrelationen signifikant ausfallen. Im grossen Ganzen stimmen die Ergebnisse mit den bereits aufgeführten Ergebnissen der Varianzanalyse überein. Einzig in der Ähnlichkeits-Wahrnehmung fallen die Korrelationen nur für die taktile Aufgabe hinsichtlich geometrisch-topologischen Wahlen signifikant aus ($p \leq 0.05$). Bei den überlappten Figuren korrelieren die Anzahl richtiger Antworten ($p \leq 0.02$) und die Rotationsfehler ($p \leq 0.02$) signifikant mit dem Bildungsniveau.

9. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse hat einerseits gezeigt, dass die verwendeten Tests fast durchwegs für Hirnschädigungen jeder Art und Lokalisation empfindlich sind. Die Abbildungen 15-28b (Anhang S. 182 - 191) machen den allgemeinen Leistungsunterschied zwischen Kontroll- und Läsionsgruppen deutlich. Die beiden Kontrollgruppen, die aus ambulant untersuchten gesunden Versuchspersonen und hirngesunden Spitalpatienten bestanden, zeigen hingegen nur in der Ausführungsgeschwindigkeit gewisser Aufgaben eine signifikante Leistungsdifferenz. In den übrigen Testvariablen erzielten die stationär untersuchten Patienten leicht niedrigere Werte gegenüber den ambulanten Versuchspersonen jedoch ohne signifikante Abweichungen. Diese Befunde dürften mit dem situativen Untersuchungscharakter der beiden Gruppen erklärt werden; dies insbesondere weil die DH-Patienten im präoperativen Status und möglicherweise unter Medikamenteneinfluss untersucht wurden.

Hirntopografische Lokalisierbarkeit perzeptiv-räumlicher Funktionen: Andererseits wird ersichtlich, dass im perzeptiv-räumlichen Bereich der Testcharakter weitgehend die topografisch-lokalisatorische Zuordnungs-Möglichkeit von Funktionen bestimmt. Auch wenn offenbar inhaltlich ähnliche Funktionsbereiche geprüft werden, ist die Lokalisierung und Lokalisierbarkeit vom Stimuluscharakter, vom Umfang notwendiger Gedächtnisinhalte und anderer intervenierender Variablen, von der Modalität und inter-modalen Vermittlungen und schliesslich vom Antwortkanal abhängig. Anders ausgedrückt spielt der Erfassungsmodus, die Komplexität der Aufgabenstruktur und der In- und Outputkanal eine hauptsächliche Rolle.

Unter den drei verschiedenen Linien-Orientierungsaufgaben sind im allgemeinen Hemisphärenvergleich, im inter-hemisphärischen Vergleich einzelner sich lateral entsprechender Hirnlokalisationen und in der intra-hemisphärischen Gegen-

Überstellung der Läsionsgruppen unterschiedliche Resultate zu verzeichnen, was die Rolle der oben erwähnten Aufgabenmerkmale stützt. Eine Hemisphären-Asymmetrie ist nur bei der intra-modalen visuellen Linien-Orientierung zu finden, während die inter-modale und exekutive Aufgabenvariante weder für die richtigen Antworten noch für die Fehlerberechnungen generelle Asymmetrie zwischen den Hirnhemisphären ergeben. Es sind vor allem die rechts tempero-parietalen und rechts perieto-okzipitalen Läsionen, die bei der intra-modalen visuellen Aufgabe ein Leistungsdefizit verursachen. Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde der tachistoskopischen Untersuchungen der Linien-Orientierung bei Hirngesunden (Fontenot und Benton 1972; Kimura und Durnford 1974) und bei Hirngeschädigten (Atkinson und Egeth 1973; Warrington und Rabin 1970) und insbesondere die Untersuchung von Benton et al. (1978) mit einer ähnlichen Testanordnung. Diese Autoren fanden bei Hirngesunden eine Ueberlegenheit des linken Gesichtsfeldes und ebenfalls bei rechts parietalen und perieto-okzipitalen Läsionen ein Defizit.

Die inter-modale visuell-taktile Aufgabe bestätigt, dass die antwortende Hand praktisch keinen Einfluss auf das Leistungsniveau hat. Eine Hemisphären-Asymmetrie in dieser Aufgabe ist nur in Bezug auf die linksseitigen Fehler festzustellen. Die posterioren Läsionen zeigen gegenüber den anterioren in beiden Hemisphären schlechtere Leistungen, wobei die rechtsseitigen Läsionen noch niedrigere Resultate erzielen. Es ist aber keine signifikante Differenz zwischen links- und rechtsseitigen posterioren Läsionen zu finden. Die inter-modale Aufgabe ist somit betont bilateral posterior lokalisiert und stimmt mit den Befunden von Butters und Brody (1968) und Butters, Barton und Brody (1970) überein. Erklärt wird die bilaterale Beteiligung durch die Vermittlungsfunktion der links posterioren parietalen Hirnareale bei den cross-modalen Verknüpfungen (Geschwind 1965). Trotz diesem Hinweis auf eine bilaterale posteriore Beteiligung werden vermutlich die räumlichen Aspekte dieser Aufgabe vor allem im rechts posterioren Hirnareal verarbei-

tet, was sich darin zeigt, dass die rechts posterioren gegenüber den links posterioren Läsionsgruppen noch schlechter abschneiden. In den Untersuchungen von Carmon und Benton (1969) und Fontenot und Benton (1971) wurde die intra-modale taktile Linien-Orientierung im rechts posterioren Quadranten lokalisiert. Im Gegensatz zu den Befunden der inter-modalen Testanordnung von De Renzi, Faglioni und Scotti (1971) ergeben sich in der eigenen inter-modalen Linien-Orientierungsaufgabe keine so betonten rechts posterioren Defizite.

Im Linien-Einzeichnen mit verzögerter Rasterdarbietung ergibt sich im Gegensatz zur intra-modalen visuellen Aufgabe auch keine Hemisphären-Asymmetrie, obwohl die temporo-parietalen und parieto-okzipitalen Läsionen der rechten Hemisphäre schlechter abschneiden als die entsprechenden Läsionen der linken Hemisphäre. Der Schwerpunkt für die Aufgabenvariante mit Gedächtniskomponente liegt betont rechts posterior, wenn auch die links posterioren Gruppen gegenüber den anterioren leistungsmässig abfallen. Die Aufgabe mit simultaner Darbietung von Vorlagestimuli und Raster zeigt tendenzmässig die gleichen Ergebnisse, wobei das Leistungsgefälle von anterior nach posterior in der linken noch deutlicher als in der rechten Hemisphäre wird. Diese Befunde stützen die Aussagen von Warrington (1969) und De Renzi, Faglioni und Scotti (1969), die perzeptiv-räumlichen Aufgaben, die eine exekutive Komponente enthalten, bilaterale posteriore Lokalisation zuschrieben. Es wurde den links posterioren Arealen ein Schwergewicht für die exekutive Komponente und den rechts posterioren Arealen ein Schwergewicht für die perzeptiv-räumliche Komponente zugeordnet. Interessant ist dabei, dass sich die Läsionsgruppen in der Aufgabe mit verzögerter Rasterdarbietung in der Anzahl richtiger Antworten weniger differenzieren als in der Testvariante mit simultaner Rasterdarbietung. In der Testvariante mit verzögerter Rasterdarbietung scheinen demnach die notwendigen Speicherprozesse räumlicher Relationen

im Vordergrund zu stehen, für die die rechte Hemisphäre bevorzugt ist. Wenn keine solchen Gedächtnisleistungen gefordert werden, tritt neben den perceptiven Aspekten die von Warrington (1969) und De Renzi, Faglioni und Scotti (1969) angeführte exekutive Komponente in den Vordergrund, so dass sich betonter eine bilaterale posteriore Zuordnung ergibt. Dies bestätigten bereits die Ergebnisse von Benton (1965); Warrington und James (1967a); De Renzi, Faglioni und Scotti (1968 + 1969) und Teuber und Weinstein (1954).

Für die intra-modale taktile Formdiskrimination liegt im Gegensatz zu De Renzi und Scotti (1969) keine Hemisphären-Asymmetrie vor. Die RTP haben jedoch die grössten Schwierigkeiten, die Figuren taktil zu erfassen.

Der Test mit überlappten Figuren zeichnet sich gegenüber allen übrigen Tests dadurch aus, dass in den richtigen Antworten und den Fehlidentifikationen bei rotierten Figuren eine Hemisphären-Asymmetrie besteht, nicht aber zwischen den einzelnen Lokalisationen zwischen oder innerhalb der Hemisphären. Bereits De Renzi, Scotti und Spinnler (1969) zeigten, dass für die Identifikation überlappter Figuren rechtshemisphärische Läsionen ein Defizit verursachen, während sich keine intra-hemisphärischen Unterschiede feststellen liessen. Nach Luria (1966) waren ebenfalls rechts okzipitale Läsionen für das Defizit bei überschraffierten Objektzeichnungen verantwortlich. Für die gemessene Zeit ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen, womit die Annahme eines erhöhten Zeitaufwandes bei links frontalen Läsionen infolge der Interferenzlinien nicht bestätigt wird.

Im Figur-Muster-Vergleich haben wir andererseits keine Hemisphären-Asymmetrie, obwohl die RTP am schlechtesten abschneiden und am wenigsten richtige Identifikationen und am meisten Fehler aufweisen. Zusätzlich haben die LF ein Defizit gegenüber den LTP. Es zeigt sich somit, dass das Planungs- und Organisationsverhalten in dieser Aufgabe, welches von Milner (1964) als frontale Komponente darge-

stellt wurde, neben der perzeptiven Komponente eine wichtige Rolle spielt.

Unter den Formwahrnehmungs-Tests scheint sich vorallem bei den überlappten Figuren das holistische oder ganzheitliche Erfassungsprinzip zu bestätigen, wenn ganze Figuren aus dem Kontext herausgelöst und identifiziert werden müssen.

In der intra-modalen, taktilen und visuellen Aehnlichkeits-Wahrnehmung unterscheiden sich die Läsionsgruppen bezüglich der Wahlen nach geometrisch-topologischen oder formmässigen Kriterien weder untereinander noch von den Kontrollgruppen, für die beim Erfassen dieser Figuren geometrisch-topologische Kriterien im Vordergrund stehen. Es sind somit bei Hirnläsionen keine qualitativen Unterschiede bei diesen Wahlen nach Aehnlichkeit nachzuweisen. In den Wahlen nach geometrisch-topologischen Kriterien, von denen vermutet wurde, dass sie eine Figur als Ganzes bestimmen, liegt aber keine Hemisphären-Asymmetrie vor. In der visuellen Aufgabe schneiden die RTP gegenüber den LTP und auch gegenüber den anterioren rechtshemisphärischen Gruppen schlechter ab. In der taktilen Aufgabe sind es die LF und RTP, die die tiefsten Resultate erzielen. Dies stützt die Annahme, dass diese Aufgabe sowohl eine perzeptive Komponente wie auch Kategorisierungsprozesse beinhaltet. Das Defizit bei den RTP bestätigt die Ergebnisse von Franco und Sperry (1977), die die taktile Wahrnehmung von geometrisch-topologischen Merkmalen ebenfalls rechts posterior lokalisierten.

Unter den Raumvorstellungstests ergibt der Spatialtest eine Hemisphären-Asymmetrie bezüglich richtiger Antworten. Im inter-hemisphärischen Vergleich sind dagegen keine signifikanten Unterschiede nachzuweisen. Aus den richtigen Antworten des Spatialtests geht damit hervor, dass die rechte Hemisphäre für diese Aufgabe bevorzugt ist. Da die RTP im intra-hemisphärischen Vergleich signifikant weniger richtige Antworten gegenüber den RF geben, darf auf eine bilaterale Abnahme der Leistung in den TP geschlossen werden, wobei das Schwergewicht immer noch rechts liegt. Es ist zu-

dem zu beobachten, dass je weniger richtige Antworten im allgemeinen gegeben werden, desto mehr falsche Figuren angestrichen werden. Die Fehler können somit nicht als Hinweis auf eine grössere Kritiklosigkeit bei der Testausführung gewertet werden. Im inter-hemisphärischen Vergleich streichen vor allem die RT gegenüber den LT mehr Zeichen falsch an. Innerhalb der RH sind es vor allem die TP, die gegenüber den übrigen Gruppen mehr falsche Zeichen angeben. Diese Ergebnisse bestätigen meine Annahme, dass die Raumvorstellung eine komplexe Funktion der rechten Hemisphäre ist, die ihr Schwergewicht temporal bis posterior hat. Die Aussage deckt sich teilweise mit den Befunden von De Renzi und Faglioni (1967), Perret (1973) und Ratcliff (1979), die bei rechts parieto okzipitalen Läsionen eine Minderleistung beschrieben. Es sind in der eigenen Untersuchung eher die RTP als die RPO, die in diesem Test versagen. Butters et al. (1970) fanden hingegen bei einem Raumvorstellungs-Test mit Stäbchen und einem sogenannten "pool-reflection-test" (Vergleich rotierter Figuren) ein bilaterales parietales Defizit.

Im verwendeten dreidimensionalen Raumvorstellungs-Test verschwindet die Hemisphären-Asymmetrie insgesamt. Es sind aber wiederum die RTP, die gegenüber den LTP in den richtigen Antworten und der Zeitmessung schlechtere Leistungen erbringen. Innerhalb der rechten Hemisphäre fallen ebenfalls die temporo-parietalen leistungsmässig ab. Obwohl im dreidimensionalen Raumvorstellungs-Test keine Hemisphären-Asymmetrie besteht, scheinen auch hier die rechts temporo-parietalen Hirnareale hauptsächlich beteiligt zu sein. Damit werden die Befunde von Warrington und Taylor (1973), die tiefere Leistungen bei rechts posterioren Läsionen für das Erkennen von Objekten in unkonventioneller Ansicht fanden, bestätigt.

In der Links-Rechts-Differenzierung sind keine Hemisphärenunterschiede festzustellen. Die LT weisen die schwächste Leistung auf. Hinsichtlich der linksseitigen Fehler fallen die RTP auf, die demnach in den kontralateralen Körperteilen

mehr Fehlurteile abgeben. Die Links-Rechts-Differenzierung ist nach diesen Resultaten nicht wie die beiden andern Raumvorstellungs-Tests im rechten posterioren Quadranten lokalisiert.

Bei der Kopie der Rey-Figur lassen die LT am meisten Elemente weg, was mit den Hinweisen von Gainotti und Tiacchi (1970) und Arrigoni und De Renzi (1964), die gehäufte Auslassungen in Zeichnungen bei linksseitigen Läsionen angeben, übereinstimmt. Die rechtsseitigen posterioren Läsionen neigen dagegen signifikant häufiger zu Verschiebungen. Nach den erwähnten Autoren sollten diese Verschiebungen vermehrt auf der kontralateralen, d.h. linken Zeichnungshälfte liegen, was in dieser Untersuchung nicht belegt werden kann. Die LFT und RTP entstellen am meisten Elemente, was darauf hinweist, dass die Störung in einer exekutiv-planerischen oder aber eher perzeptiven Komponente liegen kann.

In der Reproduktion der Rey-Figur aus dem Gedächtnis sind es die beiden temporo-parietalen Gruppen, die gehäuft Elemente entstellen. Dies mag mit einer mangelhaften Speicherung von Figurrelationen zusammenhängen. Rechtsseitige Läsionen verursachen jedoch kein Defizit in der Anzahl reproduzierter Elemente, wie Perret (1973) bereits berichtete. Dieser Befund steht dagegen in Widerspruch zu den Untersuchungen von Taylor (1969 + 1979), der postoperativ bei rechts temporalen Läsionen ein signifikantes Defizit fand.

Beim Würfelvervollständigen sind es innerhalb der rechten Hemisphäre die temporo-parietalen Läsionen, die das Vervollständigen der Würfelzeichnungen am meisten stören, obwohl keine inter-hemisphärischen Unterschiede festzustellen sind. Wir können also die Befunde von Hécaen und Assal (1970) nur tendenzmässig bestätigen. Nach diesen Autoren waren auch Patienten mit rechts posterioren Läsionen, die einen Würfel ohne Hilfestellung zeichnen konnten, nicht im Stande die vorgegebenen Grundelemente weiter zu ergänzen.

Im Körperschema-Test nach Semmes sind es die RT gegenüber den LT, RF und RPO, die weniger richtige Antworten geben und mehr Fehler auf der rechten Körperhälfte und mehr Spiegelfehler machen. Perret (1973) fand dagegen gehäufte Spiegelfehler bei links temporalen Läsionen. Semmes et al. (1963) betonte die links anterioren Läsionen, die beim Körperschema-Test zu einem Defizit führten. Hinsichtlich der rechtsseitigen Fehler ist eine Hemisphären-Asymmetrie festzustellen. Die linkshemisphärischen Läsionen machen auf der rechten Körperhälfte weniger Fehler, während dies in umgekehrtem Sinne für die Fehler auf der linken Körperhälfte nicht zutrifft.

Wenn wir zusammenfassend die Hemisphärenunterschiede, die inter-hemisphärischen Vergleiche lateral entsprechender Lokalisationen und die intra-hemisphärischen Gegenüberstellungen aller geprüften Funktionsbereiche überblicken, fallen die recht unterschiedlichen Ergebnisse auf. Auch innerhalb scheinbar recht einheitlicher Funktionsbereiche wie Linien-Orientierung sind Hinweise auf den multifaktoriellen Charakter der verschiedenen Aufgabenvarianten vorhanden. Dies bestätigt, dass die Lokalisierung und Lokalisierbarkeit vom Stimuluscharakter, von der Aufgabenstruktur, möglichen Speicherprozessen, von der Modalität und auch vom Antwortkanal abhängig ist. Die Ergebnisse belegen die Annahme von Perret (1973) zur intra- und inter-hemisphärischen Funktionsverteilung. Es wird davon ausgegangen, dass Verhalten als Funktionsabfolge von Informationsaufnahme, -integration, -verarbeitung und -beantwortung betrachtet wird. Darin spielt "auf jeder Stufe das Gedächtnis aufgrund früherer Informationsspeicherungen einen modulierenden Einfluss". Es könnten entsprechend der Unterteilung nach Funktionsabfolge verschiedenen kortikalen Arealen spezifische Funktionen grob zugeteilt werden: "Von den sensorischen kortikalen Arealen, werden die Informationen auf den posterioren (wahrscheinlich vorwiegend parietalen) Kortex zu einer ersten Integration weitergeleitet, wobei Einzelele-

mente sowohl zeitlich als auch räumlich und in verschiedenen Sinnesmodalitäten zu verarbeitbaren Einheiten zusammengefasst werden. Auf einer bereits komplexeren Stufe können die Informationen in den Temporallappen nun verarbeitet werden, d.h. sie können einer Serie von Transformationen unterzogen werden und zudem je nach ihrer Wichtigkeit oder entsprechend ihrer Neuigkeit in einen Speicherungsprozess einbezogen werden. Schliesslich werden sie den Frontallappen übergeben, wo sie in Hinsicht auf ihre Beantwortung nach aussen nochmals umgeformt und organisiert werden, so dass genaue Befehle an die ausführenden Organe abgegeben werden können." Auf dem Hintergrund dieser Annahme bestätigen die Ergebnisse, dass die vorher erwähnten testspezifischen Gesichtspunkte entscheidend sind, in welchem Masse integrative, Speicher-, Kategorisierungs- und Organisationsprozesse notwendig sind und in welchem Masse damit verschiedene Hirnareale aktiviert werden müssen.

Wenn wir unsere Betrachtungen auf das Konzept der analytischen und globalen Erfassung beziehen, geben unsere Ergebnisse ebenfalls einige Aufschlüsse. Ganzheitliches Erfassen räumlicher Relationen scheint für die visuelle Linien-Orientierung, den Spatialtest und die überlappten Figuren zuzutreffen, da in diesen Funktionen klar eine Hemisphären-Asymmetrie vorliegt.

Die Links-Rechts-Differenzierung, die Rey-Kopie und die Reproduktion der Rey-Figur aus dem Gedächtnis, der Körperschema-Test nach Semmes sowie das Würfelvervollständigen zeigen weder eine Hemisphären-Asymmetrie noch inter-hemisphärische Unterschiede zwischen einzelnen Lokalisationen. Neben dem Erfassungsmodus, durch den in der ersten Phase bestimmt wird, welche Hemisphäre zur Informationsaufnahme bevorteilt ist und durch den auf die Verarbeitungsprozesse determiniert werden, scheinen in diesen Aufgaben noch andere ebenso wichtige Faktoren beteiligt zu sein, die die Verarbeitungsprozesse beeinflussen und die möglicherweise einen inter-hemisphärischen Informationsaustausch notwendig machen.

Die übrigen Tests weisen in den inter-hemisphärischen Vergleichen durchwegs eine Schwäche bei rechtsseitigen temporo-parietalen Läsionen auf. Dies liegt wohl darin, dass alle diese Tests neben integrativen, kategorialen und Speicherprozessen vor allem perzeptiv-räumliche Komponenten enthalten. Die perzeptiv-räumlichen Informationen, die in diesen Aufgaben im Vordergrund stehen, werden vermutlich vorwiegend im rechts temporo-parietalen Hirnareal in einer ersten Integration weiter verarbeitet.

Wie bereits erwähnt, bestimmt der Erfassungsmodus, in welcher Hemisphäre eine Stimuluskonfiguration bevorzugt aufgenommen wird. Die weiteren Prozesse, die vom Aufgabencharakter bestimmt werden, verarbeiten danach die Stimuli entsprechend ihrer Dekodierung. Der Erfassungsmodus bestimmt also die Art von Integrations- und Speicherprozessen, daneben sind aber auch die notwendigen Subprozesse zur Verarbeitung und schliesslichen Informationsbeantwortung massgebend, ob eine oder beide Hemisphären beteiligt sind. Ein Beispiel dazu sind die inter-modalen Aufgaben, die wohl global erfassbare Stimuli enthalten können und damit bevorzugt rechtshemisphärisch erfasst werden, die aber durch die notwendigen inter-modalen Verknüpfungen auch eine Aktivierung links parietaler Hirnareale erfordern. Ein anderes Beispiel sind die sogenannten visuo-praktischen Aufgaben, die eine exekutive Komponente enthalten. Von der Stimuluskonfiguration her kann eine globale Dekodierung angenommen werden, die exekutive Komponente, die in der Beantwortung nötig ist, erfordert aber eine bilaterale Beteiligung.

Der Begriff der Komplexität von Aufgaben ist noch schwerer in diesen Rahmen einzugliedern, da dieser ebenfalls auf dem Hintergrund der Aufgaben- und Stimuluseigenart, dem Umfang notwendiger Integrations- und Speicherprozesse, dem inter- und intra-modalen Aufgabencharakter und schliesslich dem Antwortkanal betrachtet werden muss.

Das Vorgehen des Gruppenvergleichs mittels der faktorenanalytisch extrahierten Faktoren bleibt wegen der Heterogenität der einzelnen Patientengruppen fragwürdig. Die einzelnen Factor-scores, die miteinander verglichen wurden, entstanden aufgrund der verschiedenen Resultate der Gruppen, die die Varianzanalyse bestätigt hat. Von diesen Faktorenladungen, die durch die heterogenen Resultate der Patientengruppen bestimmt wurden, wird wiederum auf die Gruppenunterteilung zurückgeschlossen. Die Ergebnisse bestätigen daher nur die Schlussfolgerungen des varianzanalytischen Vorgehens. Primär visuelle räumliche Faktoren werden bevorzugt rechts temporo-parietal und rechts parieto-okzipital verarbeitet. Für intra-modale taktile Wahrnehmung sind die rechts parieto-okzipitalen und für Raumvorstellungsaufgaben eher die rechts temporo-parietalen Hirnareale zuständig.

Funktionelle Zusammenhänge und Eigenständigkeit von Raumsinnfunktionen: Es stellt sich bei der Diskussion der funktionellen Zusammenhänge das Problem der Zulässigkeit der Umkehrung bisheriger Schlussfolgerungen. Nach diesen wurde versucht, bestimmte Funktionsbereiche hirntopografischen Lokalisationen zuzuschreiben. Wenn die funktionellen Zusammenhänge auf dem Hintergrund dieser lokalisatorischen Zuordnung betrachtet werden, wird andererseits auf funktionelle Gemeinsamkeiten, zum Beispiel räumlicher Art, geschlossen, falls deren Lokalisierung übereinstimmt. Auf diese Problematik sei deshalb nochmals explizit hingewiesen.

Bereits aus der Diskussion der hirnlokalisatorischen Aspekte der einzelnen Funktionsbereiche, die in die Untersuchung einbezogen wurden, geht hervor, dass die Testserie multifaktoriellen Charakter hat. Sogar die Testvarianten ähnlicher Funktionsbereiche enthalten verschiedene Faktoren und differenzieren sich in funktioneller Hinsicht. Um funktionell ähnlich oder gar gleich gewertet zu werden, müssen bestimmte Aufgaben in ihrem Erfassungsmodus, dem Stimuluscharakter

(Darbietungsart, Informationsmenge), der Modalität und ihrer Antwortart übereinstimmen. Im Hinblick auf die geprüften Funktionsbereiche und der hirntopografischen Zuordnung sind in der visuellen Linien-Orientierung, in der visuellen Formdiskrimination (überlappte Figuren) und im ebenfalls visuellen Spatialtest, der die Umstellung und Verarbeitung räumlicher Informationen misst, Gemeinsamkeiten festzustellen. Die inter-modale visuell-taktile Linien-Orientierung, das simultane Linien-Einzeichnen, die intra-modale taktile Formdiskrimination, der Figur-Muster-Vergleich, die visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung und die Wahrnehmung in der Position veränderter dreidimensionaler Figuren bilden ebenfalls Gemeinsamkeiten, indem einerseits keine generellen Hemisphären-Unterschiede zu finden sind, während andererseits die rechts posterioren Läsionen gegenüber den links posterioren und rechts anterioren Läsionen empfindlicher sind. Die Testvariante des Linien-Einzeichnens mit Gedächtniskomponente zeigt nicht den erwarteten Effekt einer rechtsseitigen lokalisatorischen Ausdehnung von posterioren bis zu temporalen Hirnarealen. Die Lokalisation kann noch klarer rechts posterior zugeordnet werden als bei der simultanen Testvariante. In der taktilen Ähnlichkeits-Wahrnehmung fallen im Gegensatz zur visuellen Testvariante, wie für diesen Aufgabentyp vorausgesagt, die links frontalen Läsionen durch schlechtere Leistung auf. Scheinbar sind funktionell in der taktilen Variante Kategorisierungsprozesse offenkundiger. Gänzlich aus der Reihe fällt der Links-Rechts-Differenzierungs-Test, der funktionell wenig mit den beiden andern Raumvorstellungs-Tests gemeinsam hat. Unter den visuo-praktischen Aufgaben lässt bereits die unterschiedliche Testdurchführung auf verschiedenen funktionellen Charakter schließen. Das Kopieren einer Figur ist verschieden vom Reproduzieren dieser Figur aus dem Gedächtnis, wobei das vorausgegangene Kopieren für die Speicherung eine Hilfe darstellt. Das Würfelvervollständigen hat wohl die exekutive Komponente mit dem Rey-Test gemeinsam, während die Ausführung andere Fähigkeiten, nämlich das Weiterführen

und Ergänzen bereits vorgegebener Grundelemente voraussetzt, und auch der Begriff der Perspektive dazu kommt. Der Körperschema-Test nach Semmes beinhaltet funktionell verschiedene Komponenten von recht komplexem Charakter, die vermutlich über perzeptiv-räumliche Fähigkeiten hinausgehen.

Neben der hirntopografischen Zuordnung gibt die Faktorenanalyse Auskunft über die funktionellen Gemeinsamkeiten der geprüften Aufgaben. Die Faktorenanalyse wurde jedoch mit einer bereits varianzanalytisch als heterogen bestätigten Gruppe durchgeführt, so dass die extrahierten Faktoren wesentlich davon mitbestimmt werden. Es ist denn auch zu erwarten, dass die Variablen mit gleicher Lokalisation auf der gleichen Dimension lagen. Die Interpretation der Faktorenanalyse muss daher mit gewissen Vorbehalten geschehen. In die Faktorenanalyse wurden die a priori postulierten Faktoren aufgenommen und überprüft, wie einheitlich diese Faktoren sind. Die faktorenanalytisch extrahierten Faktoren zeigen, dass Aufgaben mit primär visuellen räumlichen Aspekten zusammengefasst werden können. Die Raumvorstellungstests laden andererseits alle auf einem eigenen Faktor am höchsten. Die Zeitmessungen stellen für sich eine Dimension dar, während die taktilen und bimodalen Tests offenbar wiederum je eine eigene Dimension bilden. Dies bedeutet also, dass die Modalität wie auch der uni- oder bimodale Charakter der Tests eine wesentliche Rolle spielt. Damit werden die varianzanalytisch belegten Ergebnisse bestätigt. Zeitmessungen bilden eine unabhängige Information. Möglicherweise gehen in die Geschwindigkeit, mit der eine Information verarbeitet wird, unterschiedliche Faktoren ein. Bereits in der Varianzanalyse zeigten sich die Zeitvariablen als multifaktoriell. Raumvorstellungsaufgaben können nicht mit primär visuellen räumlichen Wahrnehmungs-Leistungen wie Linien-Orientierung und Vergleichsaufgaben gleichgesetzt werden, da sie funktionell über eine reine Wahrnehmungs-Leistung hinausgehen und Denkprozesse einschliessen. Diese Tatsache wird auch durch die grosse Bildungsabhängigkeit,

auf die später noch eingegangen wird, unterstrichen. Die Ähnlichkeits-Wahrnehmung ist kein eigenständiger Faktor, da offenbar die Modalität, in welcher eine solche Aufgabe durchgeführt wird, entscheidend ist. Funktionell liegen diese Aufgaben auf der gleichen Dimension wie die Formwahrnehmung in der entsprechenden Modalität. Aufgaben, die neben einer perzeptiven eine exekutive Komponente haben (Linien-Einzeichnen, Würfelvervollständigen) laden hauptsächlich auf der gleichen Dimension wie primär visuelle räumliche Aufgaben, während komplexere solche Aufgaben, wie das Abzeichnen und Reproduzieren der Rey-Figur mit der inter-modalen Linien-Orientierung auf dem gleichen Faktor laden. Die extrahierten Faktoren sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, da die Varianzanteile gewisser Variablen sich fast gleichwertig auf die einzelnen Faktoren und den Einzelrestfaktor verteilen. Dies ist ein Indiz dafür, dass viele Variablen multifaktoriellen Charakter haben und damit kaum einer einheitlichen Dimension, bzw. Funktion zugeordnet werden können.

Die Modalität in welcher perzeptive Fähigkeiten geprüft werden, ist nach den Ergebnissen dieser Untersuchung für die Lokalisierbarkeit wichtig. Taktile und visuelle Funktionen, die in einer ähnlichen Testanordnung geprüft wurden, haben hirntopografisch nicht die gleiche Zuordnung, d.h. taktile Fähigkeiten sind hirntopografisch weniger umschrieben. Dies mag auch an der Andersartigkeit visuellen und taktilen Erfassens liegen. Visuell können simultan mehrere Stimulusinformationen erfasst werden, während taktil nur eine Information nach der anderen erfasst und durch Speicherprozesse zur Gesamtinformation aufgebaut werden muss. So müsste darauf geachtet werden, dass taktile Stimuli so gewählt werden, dass sie simultan und ganzheitlich mit den Fingerspitzen oder den Handflächen erfasst werden können, wenn sie mit visuellem Erfassen verglichen werden sollen. Die vorliegenden visuellen und taktilen Aufgaben haben beson-

ders eine räumliche Komponente gemeinsam, nicht aber die Art der Erfassung, da für die taktilen Tests das ganzheitliche Erfassen durch die Testanordnung nicht im gleichen Umfang gewährleistet ist. Ein Defizit in der einen Modalität, zum Beispiel der unimodalen taktilen Formdiskrimination, zeigt sich folglich nicht immer automatisch in der visuellen Testvariante, da nicht die gleichen Integrations- und Speicherprozesse notwendig sind. Ein wichtiger Aspekt ist zudem der intra- oder inter-modale Charakter einer Aufgabe, da nur intra-modale Tests miteinander verglichen werden sollten. Die Befunde der inter-modalen visuell-taktilen Linien-Orientierung bestätigen die Ergebnisse von Butters et al. (1970) und die Hypothese von Geschwind (1965), die inter-modale Verknüpfungen der links parietalen Region zuschreibt. Inter-modale räumliche Aufgaben sind daher bilateral zu lokalisieren und haben funktionell mehrfaktoriellen Charakter.

Die intra-modalen visuellen und taktilen Aufgaben korrelieren hinsichtlich der Anzahl richtiger Antworten in der rechts parieto-okzipitalen Gruppe signifikant miteinander. Dies bestätigt die gemeinsame räumliche Komponente, die beide Aufgabenarten teilen, und für die die rechts posteriore Region zuständig ist. Die Korrelationen zwischen visueller und taktiler Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien sind für die rechts temporo-parietale Läsionsgruppe und für die Hirngesunden signifikant. Für die Hirngesunden ergeben sich auch zwischen der visuellen und visuell-taktilen Linien-Orientierung signifikante Korrelationen. Sowohl die visuelle wie auch die visuell-taktile Linien-Orientierung korreliert bei den Hirngesunden signifikant mit dem Linien-Einzeichnen mit simultaner und verzögerter Präsentation. Unter den Patientengruppen sind signifikante Korrelationen zwischen der visuell-taktilen einerseits der visuellen und der exekutiven Linien-Orientierung andererseits in unterschiedlichen Läsionsgruppen zu finden. Vor allem die signifikanten Korrelationen bei

Hirngesunden zwischen diesen Aufgaben bestätigen deren gemeinsame räumliche Eigenschaft.

In der inter-modalen Linien-Orientierung spielt die antwortende Hand keine Rolle, da die linke wie die rechte Hand ungefähr gleiche Resultate erzielen. Dies trifft für die Hirngesunden wie für die Hirngeschädigten zu und steht damit in Widerspruch zu Benton, Levin und Varney (1973), die für Hirngesunde eine Dominanz der linken Hand feststellten, und den Befunden von Benton, Varney und Hamsher (1977), die bei Hirngeschädigten einen Vorzug der Hand ipsilateral zur Läsion angaben.

Einfluss von Gesichtsfeld-Ausfällen: Die Ergebnisse bestätigen, dass Gesichtsfeldausfälle nicht allein für die Raumsinn-Defizite verantwortlich gemacht werden können. Damit werden die Feststellungen von Dorff, Mirsky und Mishkin (1965), Warrington und James (1967c), De Renzi, Faglioni und Scotti (1971) und Newcombe (1974) gestützt. Es fällt jedoch in unseren Ergebnissen auf, dass offensichtlich homonyme Hemianopsien nach links und nach rechts nicht die gleichen Auswirkungen zeigen. Die Hemianopiker insgesamt unterscheiden sich von den übrigen nicht-hemianopischen Patienten in einigen Variablen. Nach Hemisphären getrennt trifft dies aber nur mehr für die rechte Hemisphäre, bzw. die Hemianopsien nach links zu, während die linkshemisphärischen Läsionen mit Hemianopsien nach rechts keinen Leistungsabfall gegenüber den linkshemisphärischen Läsionen ohne Hemianopsie zeigen. Die hemianopischen Patienten mit links- und rechtshemisphärischen Läsionen unterscheiden sich wiederum signifikant in einigen Variablen.

Neben der visuellen Linien-Orientierung und der visuellen Formdiskrimination (überlappte Figuren) ergeben sich auch in der visuell-taktilen Linien-Orientierung und der taktilen Formdiskrimination Minderleistungen bei linksseitigen Hemianopsien. Das Auftreten von Defiziten in Aufgaben beider

Modalitäten bestätigt, dass die Hemianopsie allein kaum für die Leistungsverminderung verantwortlich zu machen ist. Die Fehleranalyse nach linker und rechter Blattseite belegt andererseits keine Korrespondenz linksseitiger oder rechtsseitiger Fehler mit dem entsprechenden Gesichtsfeldausfall. Bei Hemianopsien nach links werden gehäuft Fehler auf der linken Blatthälfte gemacht, und zwar bei der visuellen und visuell-taktilen Linien-Orientierung und beim Linien-Einzeichnen. Der umgekehrte Effekt ist nicht verifizierbar. De Renzi und Mitarbeiter (1967, 1969 + 1971) wiesen bereits auf eine solche linksseitige Häufung von Fehlern hin und begründeten dies mit den Lesegewohnheiten in unseren Kulturen. Die Lesegewohnheit nach der Wörter und Sätze von links nach rechts gelesen werden, überträgt sich auch auf das visuelle Absuchen von nicht-verbalen Konfigurationen. Somit werden linksseitige Hemianopsien zum grösseren Hindernis als rechtsseitige Hemianopsien beim richtigen Erfassen von Stimuli, die im hemianopischen Feld liegen.

Einfluss des Geschlechts: Die von vielen Autoren angeführten geschlechtsspezifischen Leistungsunterschiede in räumlichen Fähigkeiten können in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Eine Ausnahme bildet dabei die Kopie der Rey-Figur, bei der die Männer besser abschnitten. In der Reproduktion der Figur aus dem Gedächtnis waren quantitativ keine Unterschiede mehr festzustellen, während die weiblichen Probanden qualitativ mehr Verschiebungen und Entstellungen von Elementen machten. Dieser Befund kann mit der häufig besseren schulischen und auch beruflichen Übung und Erfahrung der männlichen Probanden erklärt werden. Das sonstige Fehlen eines geschlechtsspezifischen Leistungsunterschiedes in den geprüften Funktionen darf als Hinweis auf die Abhängigkeit solcher Aussagen von der untersuchten Population gewertet werden. Zudem kann das Fehlen eines Geschlechtseinflusses auf räumliche Fähigkeiten methodisch nicht ganz als erhärtet betrachtet werden, da keine Populationshalbierung durchgeführt wurde.

Einfluss der Bildung: An eine klinisch brauchbare Testserie zur Prüfung räumlicher Fähigkeiten ist die Forderung einer Bildungsunabhängigkeit zu stellen, da keine intelligenzmässige Abklärung, sondern ein brauchbares Instrument zur Erhebung eines funktionellen Leistungsprofils bei Hirngeschädigten beabsichtigt ist. Das intellektuelle Niveau eines Patienten beeinflusst jedoch das allgemeine hirnmässige Leistungsniveau in den meisten Fällen und scheint insbesondere bei der Restitution gestörter Funktionen von grosser Bedeutung zu sein. In der vorliegenden Testserie waren es die visuell-taktile Linien-Orientierung, die Zeit für den Figur-Muster-Vergleich, die Raumvorstellungs-Tests und die visuelle und taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien, sowie die Anzahl Entstellungen bei der Rey-Kopie und das Würfelvervollständigen, die sich als bildungsabhängig erwiesen. Für die visuell-taktile Linien-Orientierung kann das bessere Vorstellungsvermögen und Visualisieren der Testsituation als mögliche Ursache besserer Leistung bei Probanden mit höherer Bildung betrachtet werden. Für Zeitmessungen scheint die Übung ein nicht zu vernachlässigender Faktor darzustellen, weshalb die schulischen und beruflichen Vorerfahrungen wichtig sind. Interessant ist die ausgeprägte Bildungsabhängigkeit der Raumvorstellungs-Tests. Bereits Thurstone (1944) überprüfte das räumliche Vorstellungsvermögen und das gedankliche Bewegen von Objekten im Raum in seinen "Primary Mental Abilities". Zwischen Primar- und Sekundarschulbildung ist auch in der Ähnlichkeits-Wahrnehmung nach geometrisch-topologischen Kriterien insbesondere in der taktilen Version ein Unterschied festzustellen. Dies kann mit dem Vorstellungsvermögen als auch mit der Bekanntheit topologischer Eigenschaften mit zunehmender Bildung erklärt werden. Es bestätigt sich, dass komplexere Tests wie Raumvorstellung und Ähnlichkeits-Wahrnehmung, die neben perzeptiven Prozessen weitere Subprozesse aktivieren und kognitive Elemente enthalten, bildungsabhängiger sind als einfachere unimodale

Aufgaben. Im grossen Ganzen zeigt sich die angewendete Test-Serie aber wenig empfindlich gegenüber Bildungseinflüssen und erfüllt somit grossenteils die Kriterien, die an ein klinisches Diagnoseinstrument gestellt werden.

ANHANG

Tabellen	5	-	45b
----------	---	---	-----

Abbildungen	15	-	42
-------------	----	---	----

T A B E L L E N 5 - 18b

Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Variablen
der Kontroll- und Patientengruppen

Die Tabellen enthalten zusätzlich die F- und p-Werte
der entsprechenden Variablen für die Varianzanalyse
über alle experimentellen Gruppen.

Tab. 5 Kontrolltests:
Token- und Mehrfachwahl-Wortschatz-Test

Gruppen	Token-Test	MWT-Test
N (40)	21.4 $\pm$ 0.8	36.7 $\pm$ 2.6
DH (15)	20.5 $\pm$ 1.5	37.6 $\pm$ 2.5
BD (75)	16.7 $\pm$ 5.0	36.8 $\pm$ 3.7
LF (7)	16.7 $\pm$ 4.0	39.6 $\pm$ 1.9
LPT (6)	16.0 $\pm$ 5.6	35.3 $\pm$ 5.5
LT (10)	13.7 $\pm$ 5.9	37.0 $\pm$ 3.7
LTP (7)	10.3 $\pm$ 10.1	38.2 $\pm$ 4.1
LPO (7)	18.0 $\pm$ 3.5	37.4 $\pm$ 3.6
LH (37)	14.6 $\pm$ 6.6	37.6 $\pm$ 3.7
RF (7)	19.1 $\pm$ 2.0	37.0 $\pm$ 2.7
RPT (7)	19.0 $\pm$ 1.8	38.0 $\pm$ 2.3
RT (7)	19.3 $\pm$ 2.0	35.2 $\pm$ 3.1
RTP (7)	17.7 $\pm$ 2.6	35.5 $\pm$ 4.5
RPO (10)	18.4 $\pm$ 3.6	34.9 $\pm$ 5.0
RH (38)	18.7 $\pm$ 2.6	36.0 $\pm$ 3.7
F (11,118) p	7.91 $\leq$ 0.001	0.95 $\geq$ 0.49

Tab. 6 Kontrolltests:
Zahlennachsprechen und Corsi-Test

Gruppen	Zahlennachsprechen vorwärts	Zahlennachsprechen rückwärts	Corsi - Test räuml. Sequenzen
N (40)	6.5 ± 0.9	4.8 ± 0.8	5.1 ± 0.9
DH (15)	6.2 ± 0.9	4.6 ± 0.8	5.5 ± 1.3
BD (75)	5.7 ± 1.2	3.5 ± 1.1	4.5 ± 0.9
LF (7)	5.3 ± 0.8	3.5 ± 1.4	4.8 ± 1.0
LFT (6)	4.6 ± 1.1	3.2 ± 1.1	4.2 ± 1.3
LT (10)	5.4 ± 1.3	3.6 ± 1.3	5.2 ± 0.7
LTP (7)	4.1 ± 1.2	2.9 ± 0.9	4.6 ± 1.3
LPO (7)	5.5 ± 1.0	4.0 ± 0.9	5.3 ± 1.2
LH (37)	5.0 ± 1.2	3.4 ± 1.1	4.9 ± 1.1
RP (7)	5.9 ± 1.3	3.9 ± 0.9	4.3 ± 0.5
RPT (7)	5.8 ± 1.0	3.2 ± 0.8	4.0 ± 0.9
RT (7)	5.7 ± 1.0	3.0 ± 2.0	4.8 ± 1.2
RTP (7)	5.3 ± 0.8	3.5 ± 0.8	3.7 ± 0.5
RPO (10)	5.7 ± 1.3	3.7 ± 1.2	3.5 ± 0.5
RH (38)	5.7 ± 1.1	3.5 ± 1.2	4.1 ± 1.0
F (11,118) p	4.93 ≤ 0.001	5.20 ≤ 0.001	4.41 ≤ 0.001

Tab. 7a Visuelle Linien-Orientierung

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Anzahl Winkel	Linksseitige Fehler	Rechtsseitige Fehler
N (40) DH (15)	43.8 $\pm$ 2.9 41.5 $\pm$ 4.4	21.4 $\pm$ 1.9 20.5 $\pm$ 2.8	1.7 $\pm$ 1.6 3.5 $\pm$ 3.1	2.6 $\pm$ 2.3 3.0 $\pm$ 2.5
RD (75)	37.8 $\pm$ 5.9	17.8 $\pm$ 3.5	4.3 $\pm$ 3.3	5.9 $\pm$ 5.4
LF (7)	37.3 $\pm$ 3.9	18.0 $\pm$ 2.9	5.0 $\pm$ 3.0	5.7 $\pm$ 1.0
LFT (6)	40.0 $\pm$ 7.1	20.0 $\pm$ 3.5	3.8 $\pm$ 2.5	4.2 $\pm$ 4.9
LT (10)	40.1 $\pm$ 4.8	19.1 $\pm$ 3.3	2.8 $\pm$ 1.8	5.1 $\pm$ 3.7
LTP (7)	40.0 $\pm$ 5.0	19.3 $\pm$ 3.0	3.3 $\pm$ 2.3	4.7 $\pm$ 3.4
LPO (7)	39.5 $\pm$ 3.9	17.0 $\pm$ 2.7	2.4 $\pm$ 2.5	6.0 $\pm$ 3.4
LH (37)	39.5 $\pm$ 4.8	18.7 $\pm$ 3.8	3.4 $\pm$ 2.4	5.1 $\pm$ 3.3
RF (7)	39.7 $\pm$ 5.8	19.1 $\pm$ 3.9	3.0 $\pm$ 2.1	5.6 $\pm$ 4.1
RPT (7)	37.7 $\pm$ 5.4	17.7 $\pm$ 3.7	4.3 $\pm$ 2.8	6.0 $\pm$ 2.7
RT (7)	38.2 $\pm$ 4.9	17.3 $\pm$ 3.3	4.8 $\pm$ 3.9	5.0 $\pm$ 2.3
RTP (7)	33.0 $\pm$ 3.5	16.3 $\pm$ 2.6	7.0 $\pm$ 2.2	8.0 $\pm$ 2.8
RPO (10)	33.9 $\pm$ 8.5	15.3 $\pm$ 4.3	6.2 $\pm$ 5.3	7.9 $\pm$ 3.8
RH (38)	36.6 $\pm$ 6.4	17.4 $\pm$ 3.6	5.0 $\pm$ 3.7	6.5 $\pm$ 3.5
F (11,118) p	5.53 $\leq$ 0.001	5.30 $\leq$ 0.001	3.91 $\leq$ 0.001	4.27 $\leq$ 0.001

Tab. 7b Visuelle Linien-Orientierung

Gruppen	Zentrale Stimulus-Position	Periphere Stimulus-Position	Gemischte Stimulus-Position
N (40) DH (15)	6.7 $\pm$ 1.2 6.6 $\pm$ 1.5	7.2 $\pm$ 0.9 6.6 $\pm$ 1.3	6.6 $\pm$ 1.1 5.3 $\pm$ 2.2
BD (75)	6.1 $\pm$ 1.6	6.0 $\pm$ 1.4	4.2 $\pm$ 2.0
LF (7)	6.4 $\pm$ 1.0	5.7 $\pm$ 1.0	3.7 $\pm$ 1.9
LFT (6)	6.2 $\pm$ 1.9	6.8 $\pm$ 1.3	5.2 $\pm$ 1.9
LT (10)	6.3 $\pm$ 1.2	6.6 $\pm$ 1.3	5.0 $\pm$ 2.1
LTP (7)	6.9 $\pm$ 1.5	6.7 $\pm$ 0.7	4.4 $\pm$ 1.7
LPO (7)	6.8 $\pm$ 1.0	6.2 $\pm$ 1.3	4.8 $\pm$ 1.7
IH (37)	6.5 $\pm$ 1.3	6.4 $\pm$ 1.1	4.6 $\pm$ 1.8
RF (7)	6.4 $\pm$ 2.1	6.6 $\pm$ 1.0	4.6 $\pm$ 2.4
RFT (7)	5.7 $\pm$ 1.2	6.0 $\pm$ 1.5	4.3 $\pm$ 2.2
RT (7)	6.3 $\pm$ 1.4	6.0 $\pm$ 1.4	4.0 $\pm$ 2.0
RTP (7)	5.2 $\pm$ 1.7	5.3 $\pm$ 1.7	3.0 $\pm$ 0.9
RPO (10)	5.3 $\pm$ 2.0	4.8 $\pm$ 1.7	3.1 $\pm$ 2.2
RH (38)	5.9 $\pm$ 1.7	5.7 $\pm$ 1.7	3.8 $\pm$ 2.2
F (11,118) p	1.48 $\leq$ 0.1	3.96 $\leq$ 0.001	5.67 $\leq$ 0.001

Tab. 8a Visuell taktile Linien-Orientierung
(Kontrollgruppen: linke Hand; Patientengruppen: ipsilaterale Hand zur Läsion)

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Linksseitige Fehler	Rechtsseitige Fehler
N (40)	12.9 ± 1.1	0.5 ± 0.6	0.5 ± 0.7
DH (14)	12.8 ± 1.3	0.9 ± 1.0	0.4 ± 0.4
BD (75)	10.9 ± 2.5	0.8 ± 1.6	1.1 ± 1.3
LF (7)	11.3 ± 1.9	0.7 ± 0.5	1.3 ± 1.2
LFT (6)	11.0 ± 1.7	2.0 ± 1.0	1.0 ± 1.0
LT (10)	11.7 ± 1.2	0.7 ± 0.9	1.2 ± 0.9
ITP (7)	9.4 ± 0.5	0.6 ± 0.5	1.0 ± 1.0
LPO (7)	12.0 ± 2.4	0.6 ± 0.9	1.2 ± 1.3
LH (37)	11.8 ± 1.5	0.3 ± 0.8	1.2 ± 1.0
RP (7)	11.3 ± 2.6	0.7 ± 1.2	1.5 ± 1.4
RPT (7)	9.2 ± 2.6	2.3 ± 1.5	1.5 ± 0.8
RT (7)	12.2 ± 2.5	0.4 ± 0.9	1.0 ± 1.4
RTP (7)	8.5 ± 2.3	1.7 ± 1.2	2.5 ± 0.8
RPO (10)	9.3 ± 3.1	2.6 ± 2.2	1.6 ± 1.0
RH (38)	10.2 ± 2.9	1.9 ± 1.7	1.1 ± 1.5
F (11,117)	4.72 ≤ 0.001	5.08 ≤ 0.001	1.91 ≤ 0.05
p			

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Linksseitige Fehler	Rechtsseitige Fehler
N (20)	12.7 $\pm$ 1.2	0.6 $\pm$ 0.7	0.7 $\pm$ 0.8
DH (14)	12.6 $\pm$ 1.4	1.0 $\pm$ 1.1	0.3 $\pm$ 0.5
BD (75)	11.0 $\pm$ 2.7	1.4 $\pm$ 1.5	1.2 $\pm$ 1.3
LF (7)	12.3 $\pm$ 1.5	0.7 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.7
LFT (6)	11.0 $\pm$ 2.3	1.8 $\pm$ 1.6	2.0 $\pm$ 2.0
LT (10)	11.7 $\pm$ 2.0	0.6 $\pm$ 0.9	0.8 $\pm$ 1.1
LTP (7)	10.8 $\pm$ 2.3	1.0 $\pm$ 1.9	2.7 $\pm$ 1.5
LPO (7)	11.0 $\pm$ 2.4	1.0 $\pm$ 0.9	2.9 $\pm$ 1.8
LH (37)	11.6 $\pm$ 2.0	0.9 $\pm$ 1.0	1.9 $\pm$ 1.2
RF (7)	12.3 $\pm$ 2.0	0.8 $\pm$ 0.9	0.7 $\pm$ 1.5
RFT (7)	10.2 $\pm$ 3.2	1.0 $\pm$ 0.7	1.5 $\pm$ 1.7
RT (7)	13.0 $\pm$ 1.4	1.4 $\pm$ 1.7	0.2 $\pm$ 0.4
RTP (7)	9.8 $\pm$ 3.2	0.7 $\pm$ 0.9	1.2 $\pm$ 1.3
RPO (10)	8.5 $\pm$ 3.2	1.5 $\pm$ 1.4	1.8 $\pm$ 1.8
RH (38)	10.6 $\pm$ 3.1	1.3 $\pm$ 1.7	1.1 $\pm$ 1.5
F (11,97) p	2.37 $\leq$ 0.03	2.44 $\leq$ 0.03	0.91 $\leq$ 0.5

Tab. 9a Linien-Einzelnen, simultane Parbietung

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Linksseitige Fehler	Rechtsseitige Fehler
N (30)	19.1 $\pm$ 1.2	0.5 $\pm$ 1.0	0.4 $\pm$ 0.5
LH (14)	19.1 $\pm$ 1.2	0.4 $\pm$ 0.8	0.4 $\pm$ 0.5
EO (73)	17.1 $\pm$ 2.1	1.4 $\pm$ 1.3	1.5 $\pm$ 1.2
LF (6)	16.3 $\pm$ 1.9	2.0 $\pm$ 1.5	1.7 $\pm$ 0.8
LFT (6)	18.6 $\pm$ 1.3	0.8 $\pm$ 0.8	0.6 $\pm$ 0.5
LT (10)	17.6 $\pm$ 2.9	0.9 $\pm$ 1.1	1.5 $\pm$ 2.0
ITF (7)	18.0 $\pm$ 1.3	0.7 $\pm$ 0.9	1.3 $\pm$ 1.1
LFO (7)	16.8 $\pm$ 1.9	1.3 $\pm$ 1.2	1.8 $\pm$ 1.3
LH (36)	17.5 $\pm$ 2.0	1.1 $\pm$ 1.2	1.4 $\pm$ 1.3
RF (7)	17.0 $\pm$ 1.5	1.6 $\pm$ 1.0	1.4 $\pm$ 1.0
RFT (6)	17.5 $\pm$ 2.3	1.0 $\pm$ 1.0	1.5 $\pm$ 1.5
RT (7)	18.0 $\pm$ 1.7	0.8 $\pm$ 1.3	1.2 $\pm$ 0.8
RTP (7)	14.5 $\pm$ 2.5	2.8 $\pm$ 1.6	2.6 $\pm$ 1.0
RFO (10)	17.1 $\pm$ 1.6	2.0 $\pm$ 1.5	0.9 $\pm$ 0.6
RH (37)	16.9 $\pm$ 2.1	1.6 $\pm$ 1.4	1.5 $\pm$ 1.1
F (11,105) p	6.22 $\leq$ 0.001	3.84 $\leq$ 0.001	5.0 $\leq$ 0.001

Tab. 9b Linien-Einzeichnen, verzögerte Darbietung

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Linksseitige Fehler	Rechtsseitige Fehler
N (29)	17.9 $\pm$ 1.6	1.3 $\pm$ 1.2	0.8 $\pm$ 1.0
DH (13)	17.8 $\pm$ 2.2	1.1 $\pm$ 1.3	1.2 $\pm$ 1.2
BD (62)	15.8 $\pm$ 2.0	2.0 $\pm$ 1.5	2.1 $\pm$ 1.2
LF (6)	16.0 $\pm$ 1.0	2.0 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 1.0
LFT (6)	15.6 $\pm$ 2.5	2.2 $\pm$ 1.3	2.0 $\pm$ 1.0
LT (9)	17.0 $\pm$ 1.8	1.1 $\pm$ 1.1	1.8 $\pm$ 1.1
LTF (6)	16.5 $\pm$ 2.1	1.0 $\pm$ 1.4	2.5 $\pm$ 1.3
LFO (6)	16.0 $\pm$ 2.5	0.7 $\pm$ 0.9	3.0 $\pm$ 2.0
LH (33)	16.3 $\pm$ 2.0	1.4 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 1.3
RF (5)	16.7 $\pm$ 1.7	1.5 $\pm$ 1.4	1.8 $\pm$ 0.7
RFT (6)	16.7 $\pm$ 1.4	1.3 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 1.1
RT (5)	15.0 $\pm$ 2.2	2.4 $\pm$ 1.1	2.6 $\pm$ 1.5
RTE (6)	14.2 $\pm$ 0.7	3.4 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 1.1
REO (7)	14.9 $\pm$ 2.2	3.2 $\pm$ 1.6	1.9 $\pm$ 1.5
RH (29)	15.5 $\pm$ 1.9	2.5 $\pm$ 1.6	2.1 $\pm$ 1.9
F (11,92)	4.13	4.26	2.91
p	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.003

Tab. 10 Taktile Formdiskrimination und Ueberlappte Figuren

Gruppen	Takt. Formdiskrim. richtige Antworten	Ueberlappte Fig. richtige Antworten	Ueberlappte Fig. Rotationsfehler	Ueberlappte Fig. Zeit
N (40) DH (15)	7.8 $\pm$ 0.4 7.9 $\pm$ 0.3	18.0 $\pm$ 0.0 17.5 $\pm$ 1.0	0.5 $\pm$ 1.0	111.2 $\pm$ 40.0 227.9 $\pm$ 143.8
PD (75)	7.4 $\pm$ 1.1	16.7 $\pm$ 2.1	1.0 $\pm$ 0.9	314.3 $\pm$ 137.2
LF (7)	7.8 $\pm$ 0.4	17.5 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.8	337.7 $\pm$ 85.5
LFT (6)	7.8 $\pm$ 0.4	17.2 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.9	294.6 $\pm$ 183.6
IT (10)	7.7 $\pm$ 1.0	17.2 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.9	300.0 $\pm$ 101.4
LTP (7)	7.3 $\pm$ 1.5	17.4 $\pm$ 1.1	0.4 $\pm$ 0.8	322.7 $\pm$ 151.5
LFO (7)	7.7 $\pm$ 0.5	16.8 $\pm$ 1.8	1.2 $\pm$ 1.8	282.5 $\pm$ 128.1
LH (37)	7.7 $\pm$ 0.6	17.2 $\pm$ 1.4	0.7 $\pm$ 1.0	310.5 $\pm$ 142.3
RF (7)	7.4 $\pm$ 1.1	16.6 $\pm$ 1.8	1.3 $\pm$ 1.5	330.3 $\pm$ 229.9
RFT (7)	7.8 $\pm$ 0.4	16.9 $\pm$ 1.9	1.0 $\pm$ 1.5	316.6 $\pm$ 143.5
RT (7)	7.2 $\pm$ 2.0	16.4 $\pm$ 3.2	1.1 $\pm$ 2.4	311.2 $\pm$ 143.8
RTP (7)	7.2 $\pm$ 0.7	15.4 $\pm$ 1.0	1.3 $\pm$ 0.8	302.3 $\pm$ 63.3
RFO (10)	6.6 $\pm$ 1.6	15.3 $\pm$ 3.6	2.0 $\pm$ 2.8	332.8 $\pm$ 159.5
RH (38)	7.3 $\pm$ 1.1	16.4 $\pm$ 2.4	1.5 $\pm$ 1.9	328.7 $\pm$ 156.5
F (11, 118) p	2.01 $\leq$ 0.04	2.91 $\leq$ 0.003	2.60 $\leq$ 0.006	6.72 $\leq$ 0.001

Tab. 11 Figur-Muster-Vergleich

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Form-Fehler	Muster-Fehler	Zeit
N (36)	29.6 $\pm$ 1.7	1.1 $\pm$ 1.1	1.4 $\pm$ 1.4	280.5 $\pm$ 74.6
DH (14)	28.6 $\pm$ 4.4	1.7 $\pm$ 2.6	1.7 $\pm$ 2.4	388.8 $\pm$ 82.6
BD (69)	27.3 $\pm$ 3.3	2.2 $\pm$ 2.0	2.8 $\pm$ 2.2	385.0 $\pm$ 130.9
LF (6)	25.4 $\pm$ 3.3	3.0 $\pm$ 1.4	3.7 $\pm$ 2.9	431.0 $\pm$ 145.5
LFT (6)	26.6 $\pm$ 4.5	2.0 $\pm$ 2.3	3.4 $\pm$ 2.7	388.4 $\pm$ 136.3
LT (9)	28.4 $\pm$ 2.7	2.1 $\pm$ 2.0	1.5 $\pm$ 1.5	342.0 $\pm$ 96.7
LTP (7)	28.8 $\pm$ 2.8	0.7 $\pm$ 0.7	2.4 $\pm$ 2.3	311.7 $\pm$ 81.0
LPO (6)	26.2 $\pm$ 4.9	1.5 $\pm$ 2.7	4.3 $\pm$ 2.9	430.0 $\pm$ 209.4
LH (34)	27.9 $\pm$ 3.3	1.9 $\pm$ 1.9	3.0 $\pm$ 2.4	380.4 $\pm$ 167.4
RP (6)	25.4 $\pm$ 3.1	3.6 $\pm$ 2.5	3.0 $\pm$ 1.5	365.3 $\pm$ 98.4
RFT (6)	28.7 $\pm$ 2.6	2.0 $\pm$ 1.8	1.3 $\pm$ 1.0	501.2 $\pm$ 201.3
RT (7)	28.4 $\pm$ 2.1	1.6 $\pm$ 1.3	2.0 $\pm$ 1.2	370.6 $\pm$ 46.7
RTF (7)	24.8 $\pm$ 2.2	2.8 $\pm$ 1.5	4.3 $\pm$ 2.1	392.3 $\pm$ 104.2
RPO (9)	26.5 $\pm$ 3.8	2.7 $\pm$ 2.5	2.7 $\pm$ 2.2	355.6 $\pm$ 109.3
RH (35)	26.8 $\pm$ 3.0	2.5 $\pm$ 2.1	2.7 $\pm$ 2.0	396.6 $\pm$ 115.1
F (11,117) p	3.21 $\leq$ 0.001	1.98 $\leq$ 0.04	2.95 $\leq$ 0.002	3.66 $\leq$ 0.001

Tab. 12 Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung

Gruppen	Form-Kriterien	Topologie
N (28)	1.1 ± 1.0	6.8 ± 1.2
DH (13)	0.8 ± 0.9	6.6 ± 1.5
ED (61)	0.9 ± 0.9	5.6 ± 1.6
LF (6)	1.0 ± 1.0	4.0 ± 2.0
LFT (5)	0.5 ± 0.6	6.2 ± 0.9
LT (8)	0.9 ± 0.7	5.6 ± 0.9
LTP (6)	0.4 ± 0.5	6.8 ± 1.6
LPO (5)	0.5 ± 0.6	6.0 ± 1.4
LH (30)	0.6 ± 0.7	5.7 ± 1.4
RF (6)	0.3 ± 0.5	6.7 ± 0.5
RFT (5)	1.0 ± 0.9	5.8 ± 1.5
RT (5)	1.5 ± 1.0	6.0 ± 1.2
RTF (6)	1.5 ± 0.6	2.8 ± 0.5
RPO (9)	1.7 ± 1.5	5.2 ± 1.9
RH (31)	1.2 ± 0.8	5.3 ± 1.3
F (11,100) p	1.19 ≤ 0.3	4.66 ≤ 0.001

Tab. 13 Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung

Gruppen	Form-Kriterien	Topologie
N (36)	3.0 ± 1.8	8.5 ± 1.8
DH (14)	3.0 ± 1.3	7.6 ± 1.9
RD (69)	3.8 ± 1.4	6.3 ± 2.4
LF (6)	3.7 ± 1.0	7.5 ± 2.1
LFT (6)	3.7 ± 1.2	6.2 ± 2.9
LT (9)	3.8 ± 1.0	7.0 ± 1.8
LTP (7)	3.3 ± 1.6	6.7 ± 2.6
LPO (6)	3.5 ± 0.6	7.0 ± 2.2
LH (34)	3.6 ± 0.8	6.9 ± 2.2
RF (6)	4.0 ± 1.4	6.7 ± 1.9
RFT (6)	2.8 ± 1.6	7.2 ± 2.5
RT (7)	4.3 ± 2.4	5.8 ± 3.1
RTF (7)	4.8 ± 1.0	4.2 ± 1.5
REO (9)	3.9 ± 1.4	5.2 ± 2.7
RH (35)	3.9 ± 1.6	5.8 ± 2.4
F (11,117) p	$1.21 \leq 0.28$	$3.72 \leq 0.001$

Tab. 14 Spatial-Test

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Anzahl Fehler
N (40)	21.5 $\pm$ 3.7	1.9 $\pm$ 1.9
DH (15)	18.5 $\pm$ 6.8	2.6 $\pm$ 3.4
BD (75)	13.7 $\pm$ 6.5	4.0 $\pm$ 3.6
LF (7)	15.8 $\pm$ 5.0	3.5 $\pm$ 2.4
LFT (6)	16.4 $\pm$ 5.1	4.4 $\pm$ 5.5
LT (10)	16.0 $\pm$ 6.9	4.1 $\pm$ 3.1
LTP (7)	12.0 $\pm$ 7.6	2.0 $\pm$ 1.5
LPO (7)	16.0 $\pm$ 7.0	2.5 $\pm$ 1.8
LH (37)	15.2 $\pm$ 6.4	3.3 $\pm$ 3.0
RF (7)	16.0 $\pm$ 4.9	5.7 $\pm$ 6.7
RFT (7)	10.8 $\pm$ 5.8	3.3 $\pm$ 1.7
RT (7)	11.7 $\pm$ 6.4	3.0 $\pm$ 3.2
RTP (7)	9.5 $\pm$ 1.5	8.4 $\pm$ 3.1
RTO (10)	12.5 $\pm$ 8.7	3.0 $\pm$ 2.1
RH (38)	12.5 $\pm$ 6.5	4.4 $\pm$ 4.1
F (11,118) p	5.60 ≤ 0.001	3.08 ≤ 0.002

Tab. 15 Dreidimensionale Figuren

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Zeit
N (40)	20.4 $\pm$ 2.0	215.2 $\pm$ 70.5
DH (15)	19.9 $\pm$ 3.5	301.9 $\pm$ 59.5
BD (74)	16.2 $\pm$ 4.8	298.4 $\pm$ 82.9
LF (7)	15.5 $\pm$ 3.6	285.8 $\pm$ 65.2
LFT (6)	16.6 $\pm$ 4.0	256.0 $\pm$ 69.2
LT (10)	17.9 $\pm$ 4.2	294.1 $\pm$ 81.0
LTP (7)	17.4 $\pm$ 4.3	276.1 $\pm$ 67.8
LFO (7)	16.6 $\pm$ 4.4	338.2 $\pm$ 43.9
LH (37)	16.9 $\pm$ 3.9	289.6 $\pm$ 68.9
RF (7)	16.0 $\pm$ 5.4	229.7 $\pm$ 72.9
RFT (7)	18.3 $\pm$ 3.7	311.0 $\pm$ 76.5
RT (7)	15.7 $\pm$ 7.3	325.3 $\pm$ 111.8
RTP (7)	12.0 $\pm$ 1.8	359.0 $\pm$ 49.2
RFO (9)	15.8 $\pm$ 6.1	314.8 $\pm$ 107.9
RH (37)	15.8 $\pm$ 5.4	311.0 $\pm$ 90.4
F (11,117) p	4.01 $\leq$ 0.001	4.44 $\leq$ 0.001

Tab. 16 Links-Rechts-Differenzierung

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	Links-Fehler	Rechts-Fehler	Zeit
N (40) DH (15)	23.7 $\pm$ 2.3 22.6 $\pm$ 2.4	1.4 $\pm$ 1.7 2.0 $\pm$ 1.2	1.0 $\pm$ 1.0 1.4 $\pm$ 1.6	75.8 $\pm$ 22.9 140.1 $\pm$ 67.9
BD (75)	18.8 $\pm$ 3.5	3.8 $\pm$ 2.3	3.4 $\pm$ 2.0	151.4 $\pm$ 59.1
LF (7)	18.2 $\pm$ 4.5	4.3 $\pm$ 3.4	3.5 $\pm$ 1.6	136.7 $\pm$ 56.2
IFT (6)	19.0 $\pm$ 4.7	4.2 $\pm$ 3.7	2.8 $\pm$ 1.3	162.8 $\pm$ 90.5
LT (10)	17.9 $\pm$ 4.3	4.7 $\pm$ 2.4	3.4 $\pm$ 2.3	152.7 $\pm$ 30.9
LTP (7)	19.7 $\pm$ 2.7	3.0 $\pm$ 1.3	3.3 $\pm$ 2.6	155.0 $\pm$ 45.5
LFO (7)	21.7 $\pm$ 2.8	2.3 $\pm$ 1.2	2.0 $\pm$ 1.9	157.3 $\pm$ 57.8
IH (37)	19.7 $\pm$ 3.8	3.7 $\pm$ 2.4	3.0 $\pm$ 1.7	152.4 $\pm$ 61.8
RF (7)	18.4 $\pm$ 2.9	3.4 $\pm$ 1.4	4.1 $\pm$ 2.3	127.8 $\pm$ 55.2
RPT (7)	16.8 $\pm$ 2.0	5.3 $\pm$ 2.9	3.8 $\pm$ 1.7	141.7 $\pm$ 48.7
RT (7)	18.3 $\pm$ 3.4	4.5 $\pm$ 2.6	3.2 $\pm$ 2.3	163.7 $\pm$ 50.7
RTP (7)	19.0 $\pm$ 3.6	2.7 $\pm$ 2.1	4.3 $\pm$ 2.2	125.8 $\pm$ 51.4
RPO (10)	18.9 $\pm$ 3.9	3.9 $\pm$ 2.1	3.2 $\pm$ 2.3	184.6 $\pm$ 85.2
RH (38)	16.3 $\pm$ 3.3	3.9 $\pm$ 2.1	3.7 $\pm$ 2.2	146.6 $\pm$ 59.7
F (11,118) p	7.19 $\leq$ 0.001	4.74 $\leq$ 0.001	5.47 $\leq$ 0.001	6.04 $\leq$ 0.001

Tab. 17a Rey-Figur, Kopie

Gruppen	Kopie	Entstellungen	Verschleibungen
N (28)	179.1 $\pm$ 2.7	1.0 $\pm$ 2.8	0.9 $\pm$ 2.2
DH (13)	177.5 $\pm$ 5.1	3.2 $\pm$ 5.0	1.4 $\pm$ 3.0
BD (58)	163.1 $\pm$ 29.1	13.0 $\pm$ 13.6	8.4 $\pm$ 10.9
LF (6)	156.7 $\pm$ 21.4	14.2 $\pm$ 12.8	15.0 $\pm$ 18.4
LFT (5)	168.0 $\pm$ 11.5	20.0 $\pm$ 18.0	2.0 $\pm$ 2.7
LT (6)	148.5 $\pm$ 65.1	9.2 $\pm$ 10.2	3.3 $\pm$ 4.0
LTP (6)	175.0 $\pm$ 7.0	3.0 $\pm$ 6.7	2.0 $\pm$ 2.7
LPO (5)	163.3 $\pm$ 40.8	10.0 $\pm$ 13.0	8.3 $\pm$ 13.7
LH (28)	162.0 $\pm$ 29.2	11.3 $\pm$ 10.9	3.1 $\pm$ 8.3
RF (6)	165.8 $\pm$ 23.3	15.8 $\pm$ 11.6	5.8 $\pm$ 5.8
RFT (6)	173.3 $\pm$ 12.1	8.3 $\pm$ 13.7	8.3 $\pm$ 6.1
RT (5)	162.0 $\pm$ 24.9	19.0 $\pm$ 19.4	11.0 $\pm$ 6.5
RTP (6)	152.5 $\pm$ 29.6	20.8 $\pm$ 11.5	20.0 $\pm$ 14.8
RFO (7)	167.8 $\pm$ 16.3	10.7 $\pm$ 16.2	6.4 $\pm$ 10.6
RH (30)	163.8 $\pm$ 20.1	14.9 $\pm$ 14.4	10.3 $\pm$ 8.7
F (11,87) p	2.16 $\leq$ 0.03	5.05 $\leq$ 0.001	5.46 $\leq$ 0.001

Tab. 17b Rey-Figur, Gedächtnis und Würfelvervollständigen

Gruppen	Gedächtnis	Entstellungen	Verschiebungen	Würfel- vervollständigen
N (28)	127.1 $\pm$ 32.8	7.2 $\pm$ 6.9	4.5 $\pm$ 3.3	(36) 18.0 $\pm$ 0.0
IH (13)	100.8 $\pm$ 36.3	10.9 $\pm$ 7.8	11.2 $\pm$ 7.3	(14) 17.4 $\pm$ 1.6
PD (51)	81.5 $\pm$ 32.6	14.8 $\pm$ 7.4	17.4 $\pm$ 11.6	(71) 15.9 $\pm$ 3.7
IF (5)	69.0 $\pm$ 13.9	14.0 $\pm$ 10.8	21.0 $\pm$ 9.6	(6) 16.0 $\pm$ 4.0
IFT (4)	87.5 $\pm$ 51.7	15.0 $\pm$ 10.0	16.2 $\pm$ 13.1	(6) 15.8 $\pm$ 2.7
IT (6)	75.0 $\pm$ 34.9	14.2 $\pm$ 8.0	10.0 $\pm$ 9.5	(9) 17.1 $\pm$ 1.5
LTP (4)	98.7 $\pm$ 39.4	11.2 $\pm$ 8.5	7.5 $\pm$ 2.9	(7) 14.6 $\pm$ 5.5
LPO (5)	100.0 $\pm$ 34.1	21.0 $\pm$ 7.4	19.0 $\pm$ 12.9	(6) 15.2 $\pm$ 4.7
LH (24)	85.8 $\pm$ 34.8	15.2 $\pm$ 8.8	14.8 $\pm$ 10.9	(34) 15.7 $\pm$ 3.6
RF (6)	86.7 $\pm$ 26.8	15.0 $\pm$ 4.5	28.3 $\pm$ 14.4	(6) 17.1 $\pm$ 2.3
RFT (6)	85.0 $\pm$ 28.1	10.0 $\pm$ 7.1	15.8 $\pm$ 8.6	(7) 17.8 $\pm$ 0.4
RT (4)	73.7 $\pm$ 29.5	18.7 $\pm$ 2.5	17.5 $\pm$ 15.5	(7) 16.2 $\pm$ 2.7
RTP (6)	60.8 $\pm$ 8.6	14.2 $\pm$ 7.4	17.5 $\pm$ 15.1	(7) 13.7 $\pm$ 3.3
RPO (5)	85.0 $\pm$ 49.6	13.0 $\pm$ 5.7	16.0 $\pm$ 11.4	(10) 15.1 $\pm$ 5.5
RH (27)	77.8 $\pm$ 28.5	14.4 $\pm$ 6.8	20.0 $\pm$ 13.4	(37) 15.9 $\pm$ 2.8
F (11,80) p	4.36 $\leq$ 0.001	1.71 $\geq$ 0.08	2.91 $\leq$ 0.003	(11,109) 2.60 $\leq$ 0.006

Gruppen	Anzahl richtige Antworten	links- Fehler	Rechts- Fehler
N (40)	20.8 $\pm$ 1.8	0.6 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 1.4
DH (15)	20.2 $\pm$ 1.4	1.1 $\pm$ 1.2	0.7 $\pm$ 0.7
RD (75)	17.8 $\pm$ 3.9	2.0 $\pm$ 2.0	2.0 $\pm$ 2.1
LF (7)	18.5 $\pm$ 3.9	1.8 $\pm$ 2.9	1.7 $\pm$ 1.4
LFT (6)	19.6 $\pm$ 3.1	1.2 $\pm$ 1.0	1.2 $\pm$ 2.2
LT (10)	18.8 $\pm$ 4.4	1.4 $\pm$ 1.9	1.8 $\pm$ 2.5
LTP (7)	17.4 $\pm$ 4.7	2.4 $\pm$ 2.4	2.1 $\pm$ 2.5
LPO (7)	17.7 $\pm$ 4.9	1.7 $\pm$ 2.2	0.7 $\pm$ 1.2
IH (37)	18.4 $\pm$ 4.2	1.7 $\pm$ 2.0	1.5 $\pm$ 1.8
RF (7)	18.0 $\pm$ 2.3	2.1 $\pm$ 1.2	1.9 $\pm$ 1.7
RFT (7)	17.8 $\pm$ 3.6	1.8 $\pm$ 1.9	2.3 $\pm$ 2.0
RT (7)	14.8 $\pm$ 3.6	3.2 $\pm$ 1.5	4.0 $\pm$ 2.7
RTP (7)	17.5 $\pm$ 3.9	2.3 $\pm$ 2.3	2.2 $\pm$ 1.9
RFO (10)	18.1 $\pm$ 4.0	2.0 $\pm$ 2.5	2.0 $\pm$ 2.0
RH (38)	17.2 $\pm$ 3.4	2.3 $\pm$ 2.0	2.5 $\pm$ 2.0
F (11,118) p	3.01 $\leq$ 0.002	2.32 $\leq$ 0.02	2.78 $\leq$ 0.004

Tab. 18b Körperschema-Test nach Semmes

Gruppen	Spiegelfehler	Links-Rechts Verwechslungen	Vorne-hinten Verwechslungen
N (40) DH (15)	0.9 $\pm$ 1.4 1.1 $\pm$ 0.8	0.3 $\pm$ 0.6 0.6 $\pm$ 0.9	0.1 $\pm$ 0.4
BD (75)	2.5 $\pm$ 2.5	1.1 $\pm$ 1.7	0.5 $\pm$ 1.0
LF (7)	1.7 $\pm$ 2.0	1.7 $\pm$ 4.0	
LFT (6)	2.0 $\pm$ 3.4	0.2 $\pm$ 0.4	0.2 $\pm$ 0.4
IT (10)	2.1 $\pm$ 2.4	0.8 $\pm$ 1.1	0.3 $\pm$ 1.0
ITP (7)	2.9 $\pm$ 2.4	1.3 $\pm$ 1.4	0.9 $\pm$ 1.5
LFO (7)	2.0 $\pm$ 2.4	1.0 $\pm$ 1.5	0.7 $\pm$ 1.2
LH (37)	2.1 $\pm$ 2.5	1.0 $\pm$ 1.4	0.6 $\pm$ 0.9
RF (7)	3.0 $\pm$ 2.0	0.9 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.4
RFT (7)	3.0 $\pm$ 2.7	1.2 $\pm$ 2.0	
RT (7)	4.3 $\pm$ 4.1	2.3 $\pm$ 2.2	0.3 $\pm$ 0.5
RTP (7)	2.5 $\pm$ 2.2	1.2 $\pm$ 1.2	0.8 $\pm$ 1.2
RPO (10)	2.1 $\pm$ 2.0	0.9 $\pm$ 1.3	0.9 $\pm$ 1.6
RH (38)	3.0 $\pm$ 2.6	1.5 $\pm$ 1.4	0.5 $\pm$ 1.1
F (11,118) p	2.13 $\leq$ 0.03	1.66 $\leq$ 0.09	2.15 $\leq$ 0.03

ABBILDUNGEN 15 - 28b

Grafische Darstellungen des Leistungsniveaus der einzelnen
Testvariablen der beiden Kontrollgruppen (N + DH),
der Hirngeschädigten insgesamt (BD) und der Hirn-
geschädigten aufgeteilt nach
Hemisphäreenseite (LH + RH)

Abb. 15a

Visuelle Linien-Orientierung:
Anzahl richtig beurteilte Linien (linke Ordinate)
und
Anzahl richtig beurteilte Winkel (rechte Ordinate)

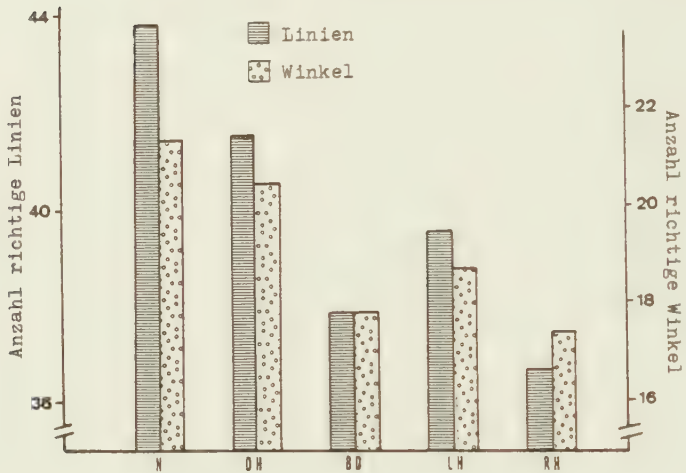


Abb. 15b

Visuelle Linien-Orientierung:
Anzahl linksseitige und rechtsseitige Fehler

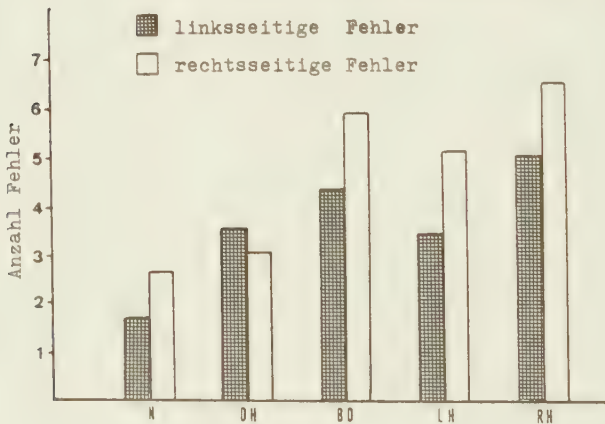


Abb. 16a Intermodale visuell-taktile Linien-Orientierung:
Anzahl richtige Antworten (linke bzw. ipsilaterale
und rechte bzw. kontralaterale Hand zur Läsion)

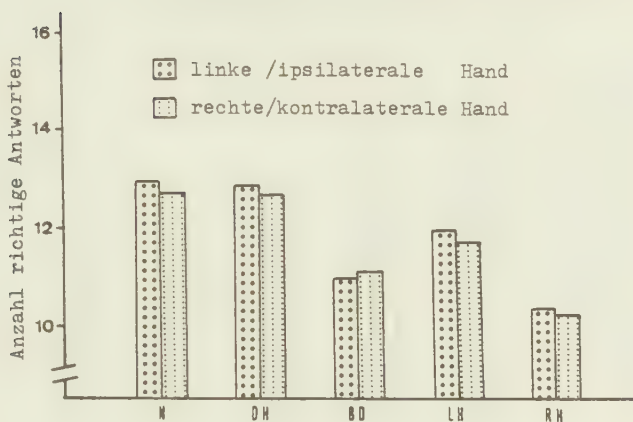


Abb. 16b Intermodale visuell-taktile Linien-Orientierung:
Anzahl linksseitige und rechtsseitige Fehler
(linke bzw. ipsilaterale und
rechte bzw. kontralaterale Hand zur Läsion)

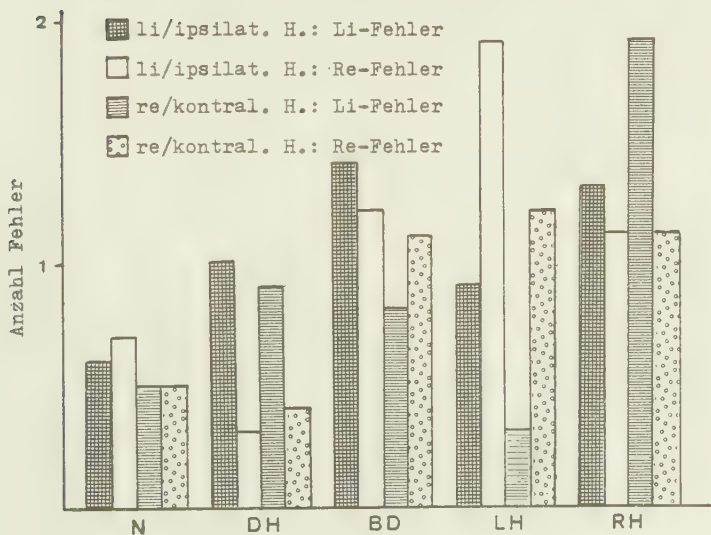


Abb. 17a

Linien-Einzeichnen:
Anzahl richtig reproduzierte Linien in der
simultanen und verzögerten Darbietung

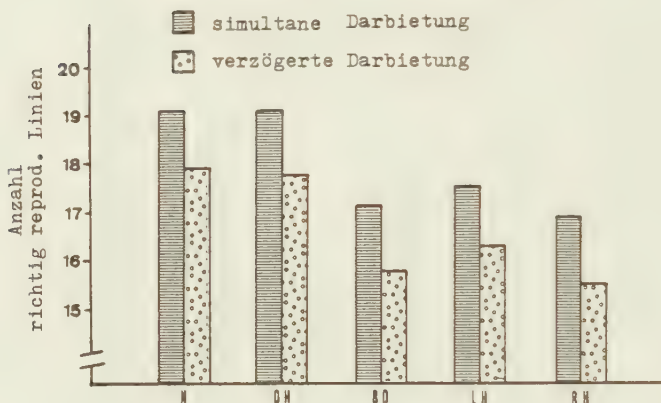


Abb. 17b

Linien-Einzeichnen:
Anzahl links- und rechtsseitige Fehler in der
simultanen und verzögerten Darbietung

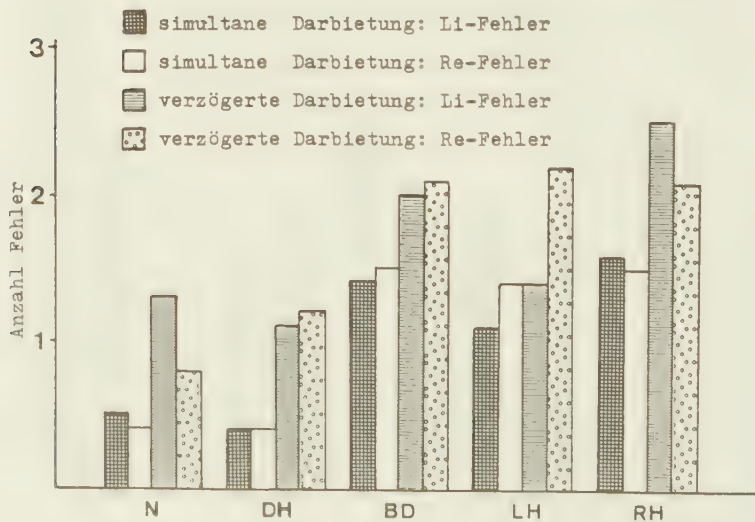


Abb. 18 Taktile Formdiskrimination:
Anzahl richtige Antworten

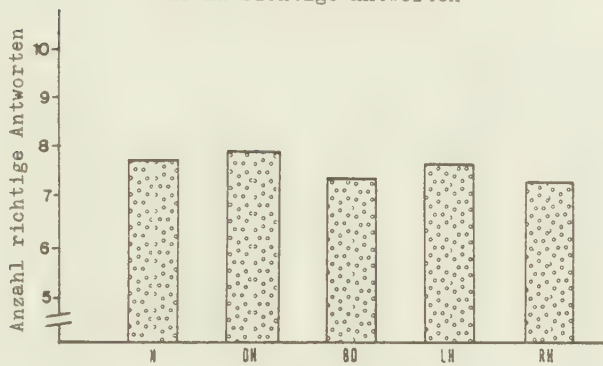


Abb. 19 Ueberlappte Figuren:
Anzahl richtige Antworten (linke Ordinate) und
Fehler bei rotierten Figuren (rechte Ordinate)

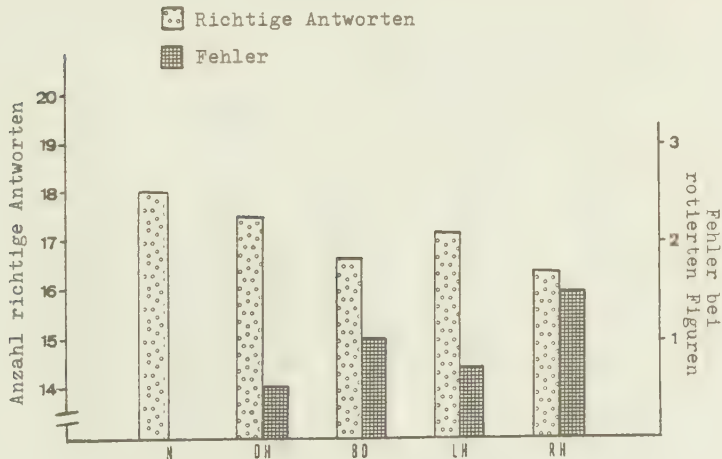


Abb. 20a Figur-Muster-Vergleich:
Anzahl richtige Antworten

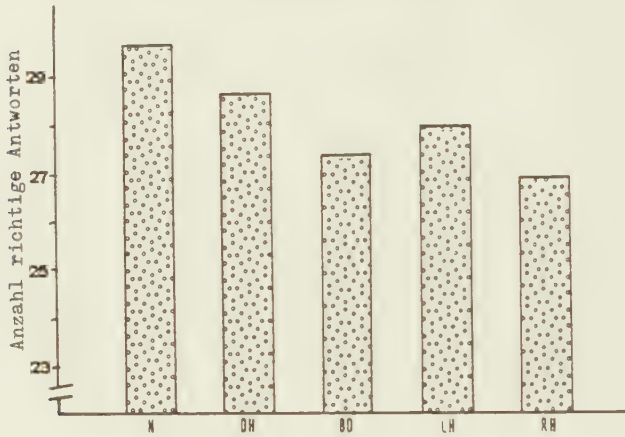


Abb. 20b Figur-Muster-Vergleich:
Anzahl Fehler bei Mustern und Umrissfiguren

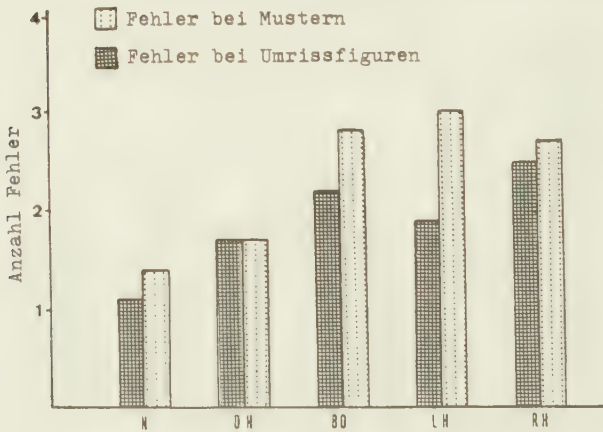


Abb. 21 Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung:
Wahlen nach geometrisch-topologischen
und formmässigen Kriterien

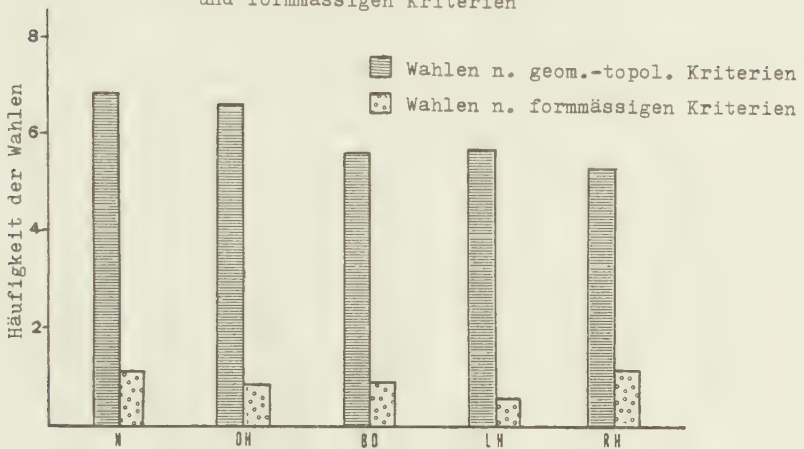


Abb. 22 Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung:
Wahlen nach geometrisch-topologischen
und formmässigen Kriterien

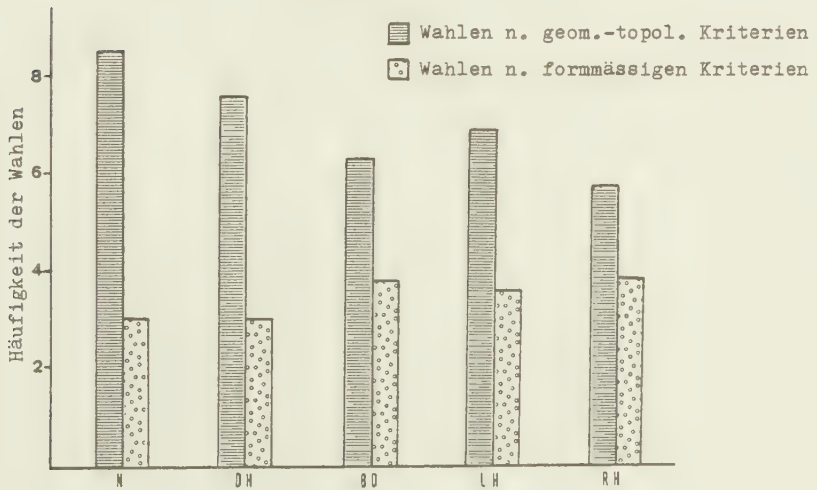


Abb. 23

Spatial-Test:
Anzahl richtige Antworten (linke Ordinate)
und Fehler (rechte Ordinate)

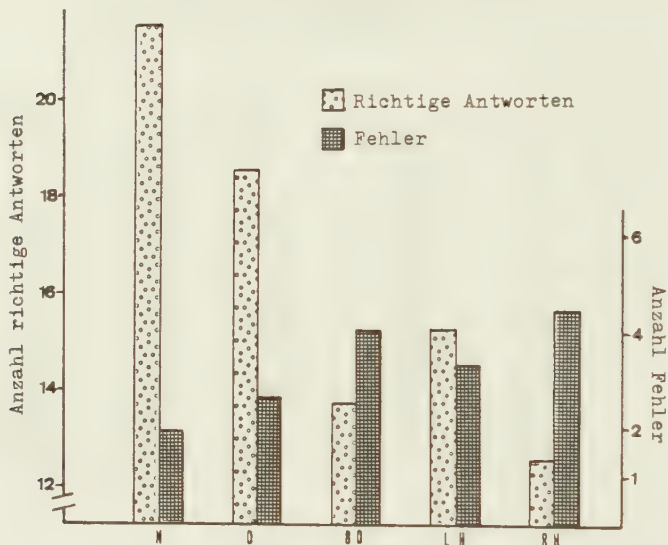


Abb. 24

Dreidimensionale Figuren:
Anzahl richtige Antworten

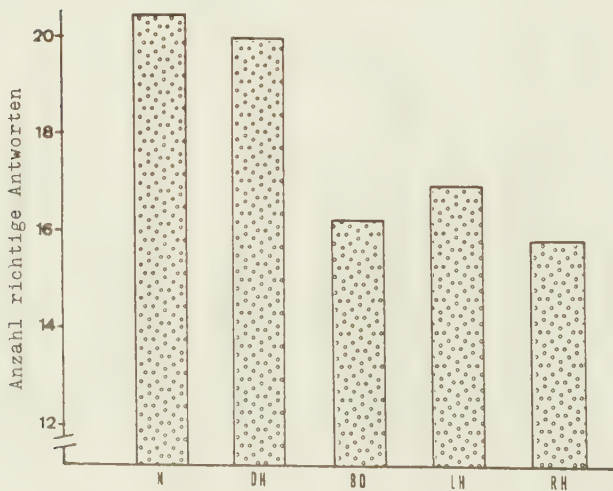


Abb. 25

Links-Rechts-Differenzierung:
Anzahl richtige Antworten (linke Ordinate) und Fehler
bei linken und rechten Extremitäten (rechte Ordinate)

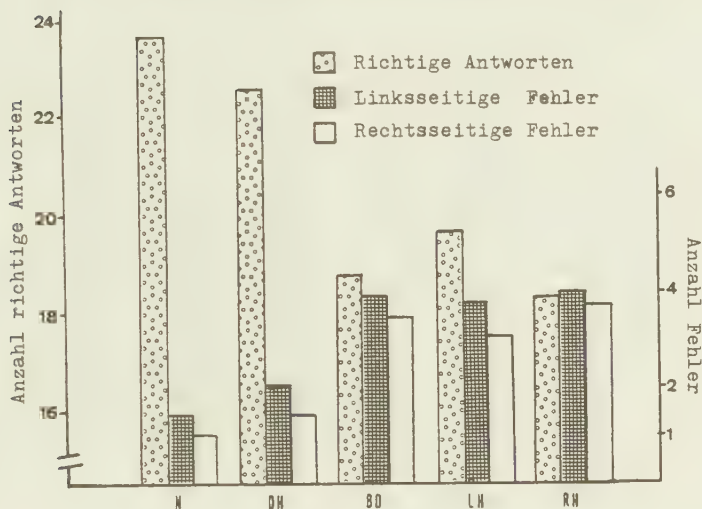


Abb. 26

Würfelvervollständigen:
Anzahl richtig ergänzte Linien

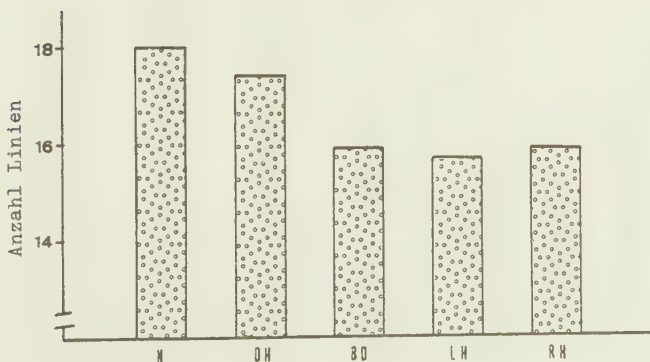


Abb. 27a

Kopie der Rey-Figur:
Anzahl richtig gezeichnete Elemente (li. Ord.)
sowie Entstellungen u. Verschiebungen (re. Ord.)

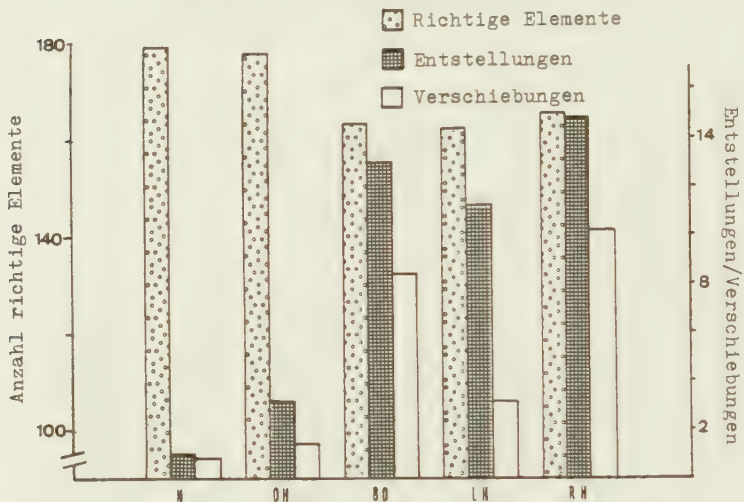


Abb. 27b

Wiedergabe der Rey-Figur aus Gedächtnis:
Anzahl richtig reprod. Elemente (li. Ord.) sowie
Entstellungen und Verschiebungen (re. Ord.)

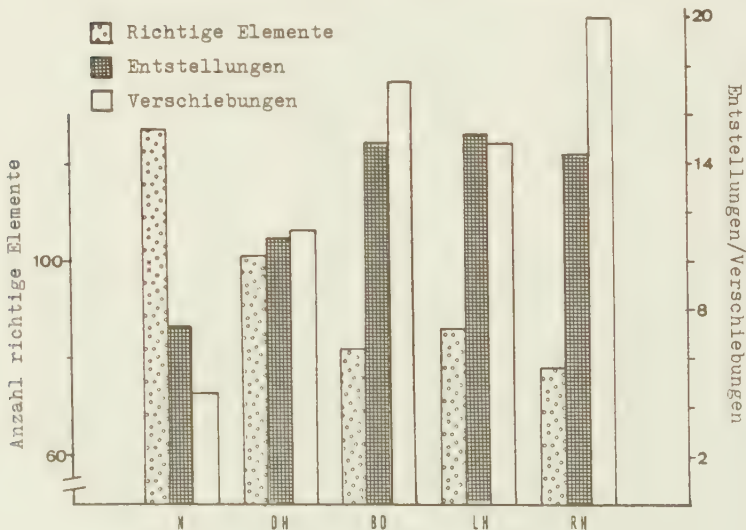


Abb. 28a Körperschema-Test nach Semmes:
Anzahl richtige Antworten

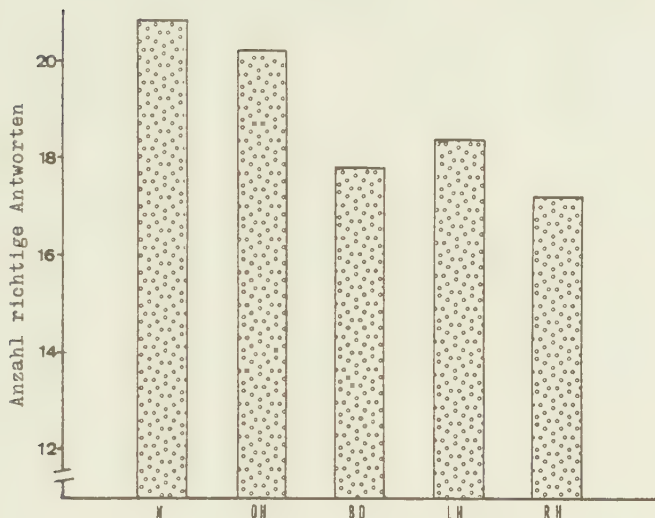
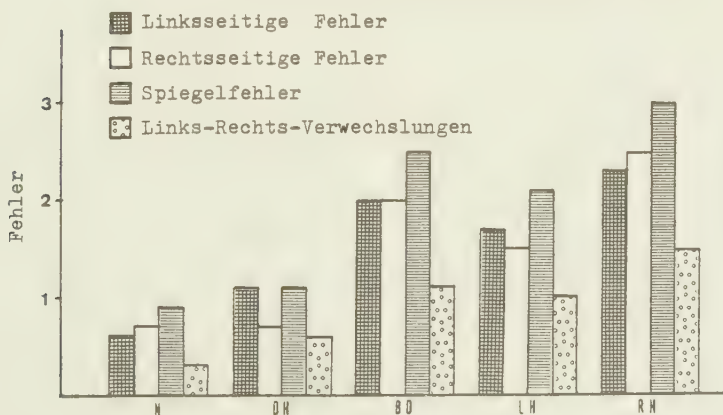


Abb. 28b Körperschema-Test nach Semmes:
links- und rechtsseitige Fehler, Spiegelfehler
und Links-Rechts-Verwechslungen



T A B E L L E N 19 - 26

Signifikante Unterschiede der inter- und intra-
hemisphärischen multiplen t-Test Vergleiche

Visuelle Linien-Orientierung	LH versus RH	Interhemisphärisch			Intrahemisphärisch		
		***	**	*	***	**	*
Richtige Antworten	* 0.02	TP 0.009	PO 0.03		RFvsRTP 0.02		
Richtige Winkel	* 0.04				RFvsRPO 0.009		
Linksseitige Fehler	* 0.02			TP 0.02	RFvsRTP 0.01	RFvsRPO 0.02	
Rechtsseitige Fehler				PO 0.02			
Zentrale Stimulusposition	* 0.05			TP 0.05			
Periphere Stimulusposition	* 0.05			PO 0.05			
Gemischte Stimulusposition	* 0.05			TP 0.05	RFvsRPO 0.005		
				PO 0.05			

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 20 Signifikanz: Visuell-taktile Linien-Orientierung

Visuell-taktile Linien-Orientierung	LH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
<u>Ipsilaterale Hand</u> Richtige Antworten			RTvsRTP 0.02 RFvsRTP 0.03 RFvsRT 0.03
Linksseitige Fehler	** 0.005	PO 0.002 TP 0.01	RFvsRPO 0.001 RTvsRTP 0.003 RTvsRPO 0.001 RTvsRTP 0.008
Rechtsseitige Fehler		T 0.05	
<u>Kontralaterale Hand</u> Richtige Antworten		T 0.006	RFTvsRT 0.009 RFvsRFT 0.03 RFTvsRTP 0.04
Linksseitige Fehler	* 0.05	TP 0.01	RFTvsRTP RFvsRFT 0.005 0.02
Rechtsseitige Fehler		T 0.03	RFTvsRT 0.03

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 21 Signifikanzen: Linien-Einzeichnen, simultan und verzögert

Linien-Einzeichnen	LH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
Simultan Richtige Antworten		TP 0.001	RTvsRTP 0.001 LFvsLFT 0.03 RTPvsRPO 0.004 RFvsRTP 0.007 RTvsLTP 0.004 LFvsLTP 0.05 RFTvsRTP 0.006 RFvsRTP 0.02 RTvsRTP 0.02 LFTvsRPO 0.04 RFTvsRTP 0.04
Linksseitige Fehler		TP 0.001	
Rechtsseitige Fehler			
Verzögert Richtige Antworten			
Linksseitige Fehler		TP PO 0.001 0.002	RFTvsRTP RFvsRTP 0.001 0.002 RFTvsRPO 0.005 RFvsRPO 0.01
Rechtsseitige Fehler			

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 22 Signifikanzen: Formwahrnehmungs-Tests

Taktile Formdiskrimination	LH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
Richtige Antworten			RFTvsRPO 0.009
Ueberlappte Figuren			
Richtige Antworten	* 0.02		
Rotationsfehler	* 0.04		
Zeit			
Figur-Muster-Vergleich			
Richtige Antworten		TP 0.02	RFTvsRTP 0.03 LFvsLTP 0.04
Figurale Fehler		TP 0.04	LFvsLTP 0.03
Muster-Fehler			LTvsLPO 0.008 RFTvsRTP 0.009
Zeit			

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 23 Signifikanzen: Ähnlichkeits-Wahrnehmung, taktil und visuell

Ähnlichkeits-Wahrnehmung	IH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
<u>Taktil</u> geom.-top. Kriterien		TP 0.001	RFvsRTP LFvsLTP LFvsLFT 0.001 0.006 0.04 RETvsRTP RTPvsRPO 0.001 0.007 RTvsRTP 0.001
formmässige Kriterien		F 0.009	
<u>Visuell</u> geom.-top. Kriterien			TP 0.04
formmässige Kriterien			RETvsRTP 0.02 RFvsRTP 0.04

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 24 Signifikanzen: Raumvorstellungs-Tests

Spatial-Test	IH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
Richtige Antworten	* 0.03	TP 0.001	RFPvsRPO 0.001 RFPvsRTP 0.003 RFPvsRTP 0.005 RFPvsRTP 0.005 RFPvsRTP 0.002 RFPvsRTP 0.02 RFPvsRT 0.03 LFPvsLPO 0.03 LFPvsLTP 0.03 LFPvsLTP 0.04
Fehler			
Dreidimensionale Figuren			
Richtige Antworten		TP 0.02 TP 0.05	
Zeit			
Li-Re-Differenzierung			
Richtige Antworten			
Linksseitige Fehler			
Rechtsseitige Fehler			
Zeit			

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 25 Signifikanzen: Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis;
Würfelvervollständigen

Rey-Kopie	IH versus RI	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
Richtige Elemente			LTvsLTP 0.05
Entstellungen			LTvsLTP RTvsRTP 0.008 0.04
Verschiebungen	* 0.04	TP 0.001 F 0.04	RFvsRTP LFvsLTP RTvsRTP 0.001 0.004 0.05 HTPvsRPO LFvsLFT 0.001 0.005 LFvsLT 0.007 RTvsRTP 0.008
Rey-Gedächtnis			
Richtige Elemente			
Entstellungen			RFvsRTP 0.04
Verschiebungen			LFvsLTP 0.05
Würfelvervollständigen			
Richtige Elemente			RTvsRTP 0.02 RFvsRTP 0.03

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 26 Signifikanzen: Körperschema-Test nach Semmes

Körperschema-Test	LH versus RH	Interhemisphärisch *** ** *	Intrahemisphärisch *** ** *
Richtige Antworten		T 0.02	RTvsRPO 0.05
Linksseitige Fehler			RFvsRT 0.03
Rechtsseitige Fehler	* 0.03	T 0.02	RTvsRPO 0.03
Spiegelfehler		T 0.05	RTvsRPO 0.05
Li-Re-Verwechslungen			RTvsRPO 0.03
Vorne-Hinten Verwechslungen			LFvsLTP 0.05

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

ABBILDUNGEN 29 - 41c

Grafische Darstellungen des Leistungsniveaus der einzelnen
Testvariablen der hirngeschädigten Patienten aufgeteilt
nach Läsionsseite und Hemisphärenseite (inter-
und intrahemisphärischer Vergleich)

Abb. 29a Visuelle Linien-Orientierung:
Anzahl richtig beurteilte Linien

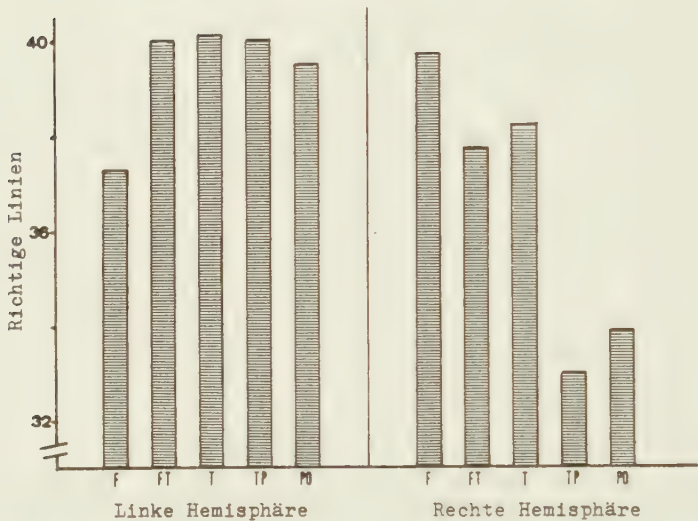


Abb. 29b Visuelle Linien-Orientierung:
Anzahl richtig geschätzte Winkel

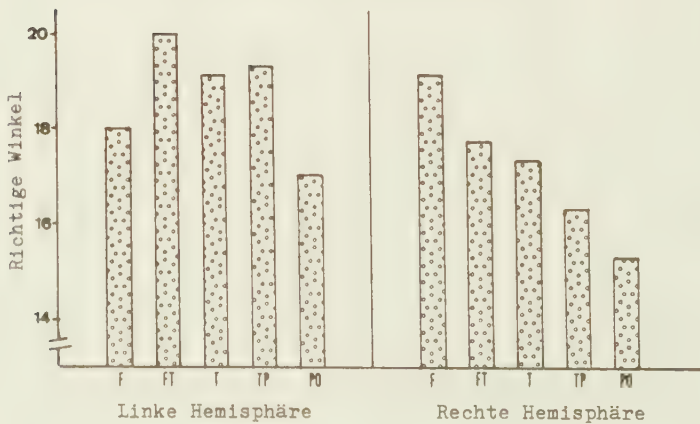


Abb. 29c

Visuelle Linien-Orientierung:
links- und rechtsseitige Fehlbeurteilungen

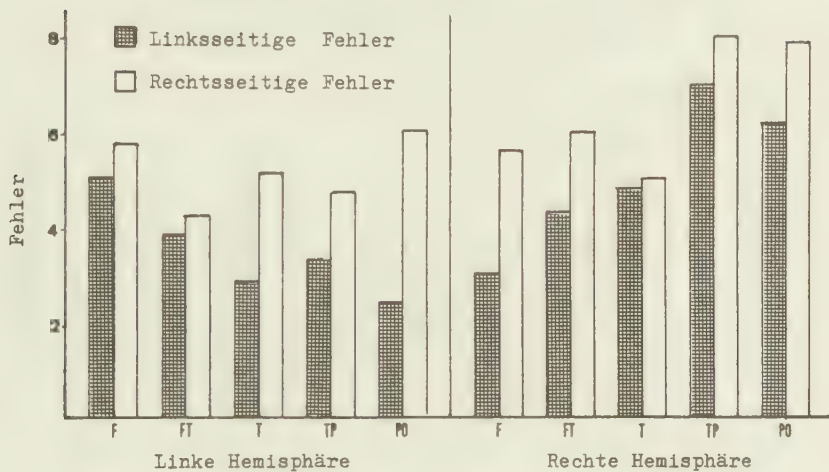


Abb. 30a

Visuell-taktile Linien-Orientierung:
Anzahl richtige Antworten mit linker bzw. ipsilat.
und rechter bzw. kontralat. Hand zur Läsion

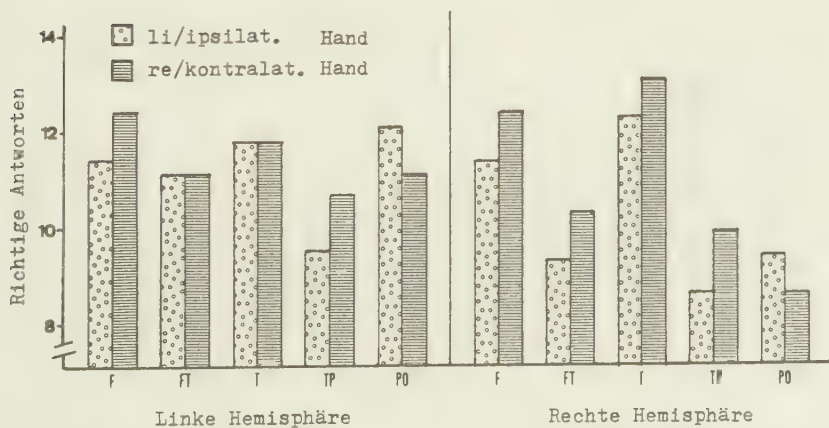


Abb. 30b Visuell-taktile Linien-Orientierung:
Links- und rechtsseitige Fehlbeurteilungen
mit linker bzw. ipsilateraler Hand zur Läsion

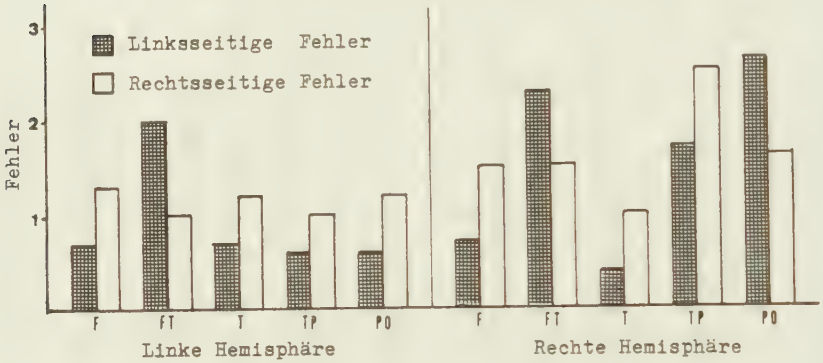


Abb. 30c Visuell-taktile Linien-Orientierung:
Links- und rechtsseitige Fehlbeurteilungen
mit rechter bzw. kontralateraler Hand zur Läsion

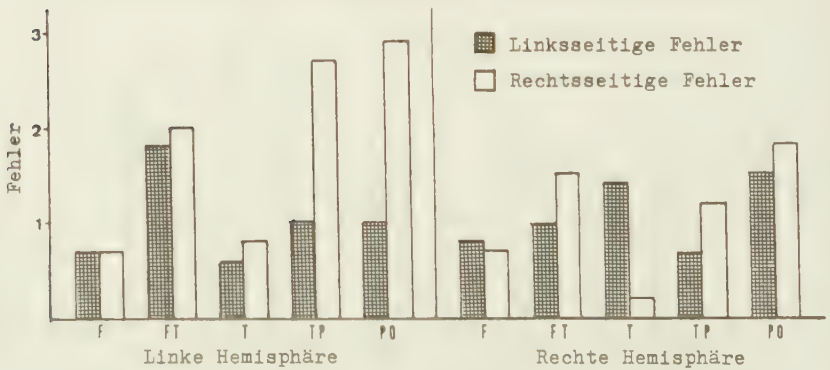


Abb. 31a

Linien-Einzeichnen:
Anzahl richtig reproduzierte Linien
in simultaner und verzögerter Darbietung



Abb. 31b

Linien-Einzeichnen:
Links- und rechtsseitige
Fehler in simultaner Darbietung

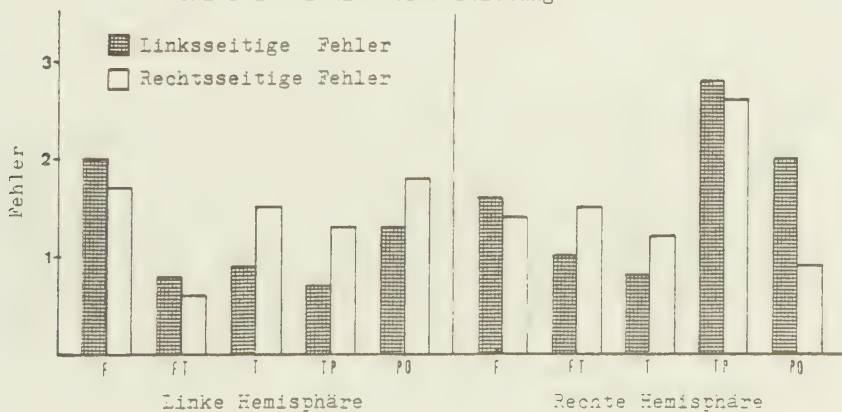


Abb. 31c Linien-Einzeichnen:
Links- und rechtsseitige
Fehler in verzögerter Darbietung

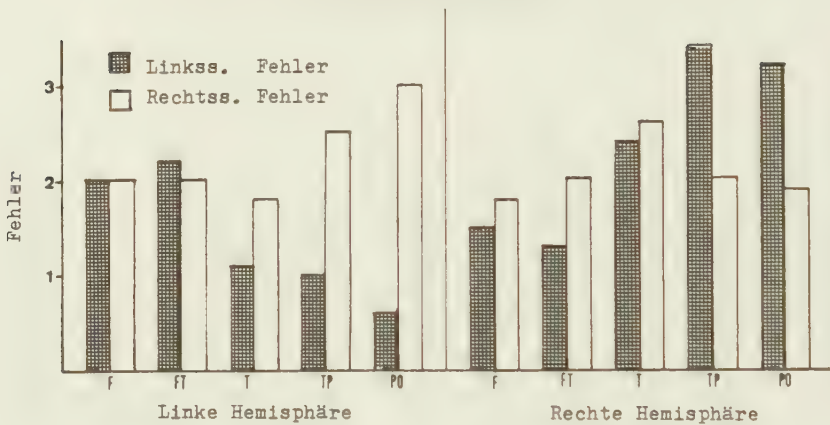


Abb. 32 Unimodale taktile Formdiskrimination:
Anzahl richtige Antworten

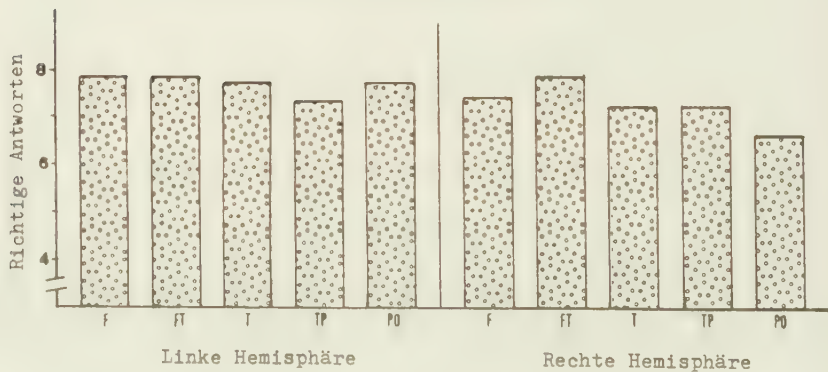


Abb. 33a Ueberlappte Figuren:
Anzahl richtige Antworten

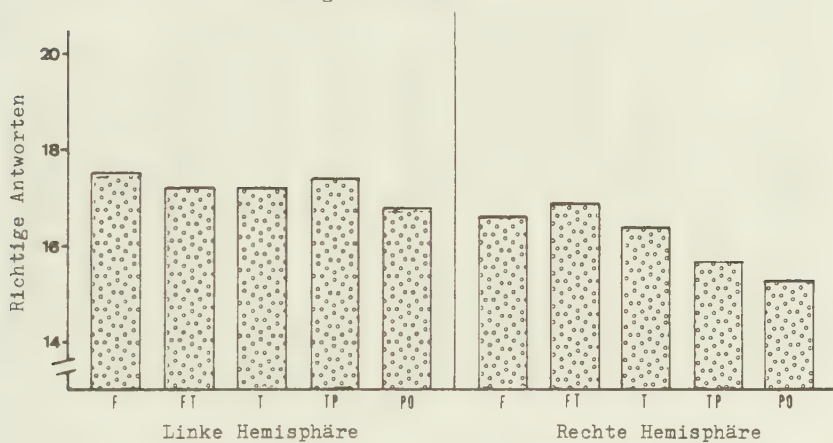


Abb. 33b Ueberlappte Figuren:
Anzahl Fehler bei rotierten Figuren

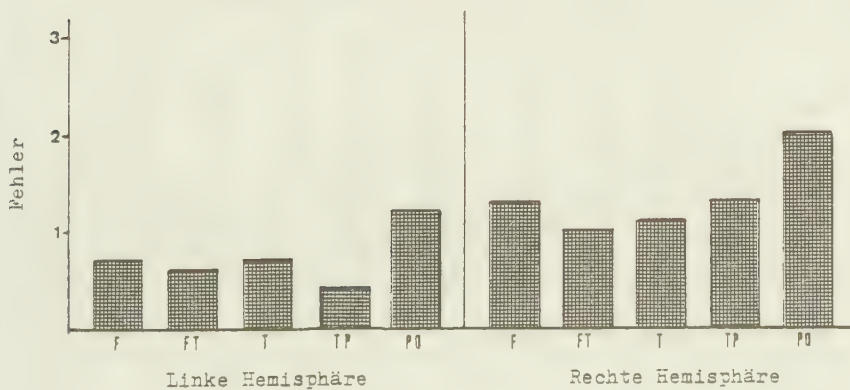


Abb. 34a Figur-Muster-Vergleich:
Anzahl richtige Antworten

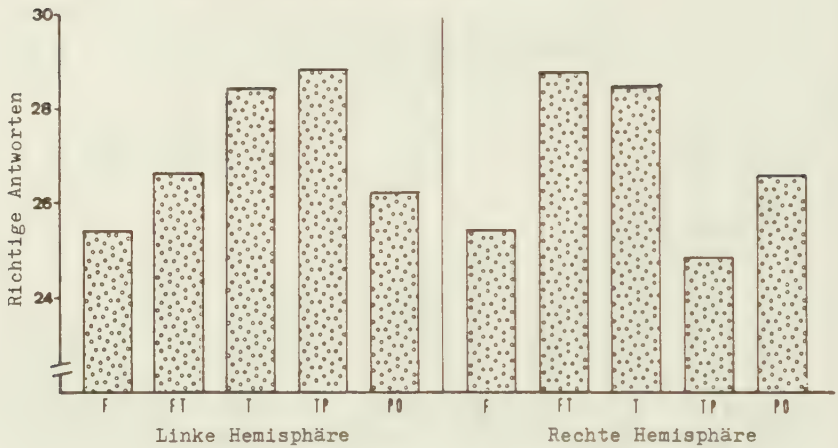


Abb. 34b Figur-Muster-Vergleich:
Anzahl Fehler bei Mustern und Umrissfiguren

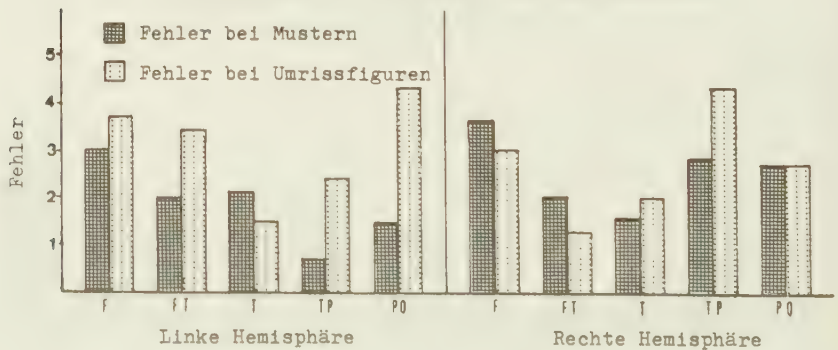


Abb. 35 Taktile Aehnlichkeits-Wahrnehmung:
Wahlen nach geometrisch-topologischen
und formmässigen Kriterien

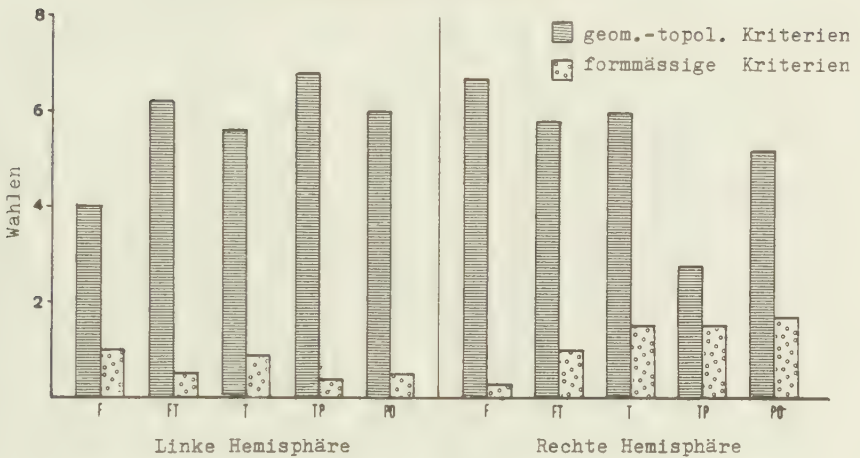


Abb. 36 Visuelle Aehnlichkeits-Wahrnehmung:
Wahlen nach geometrisch-topologischen
und formmässigen Kriterien

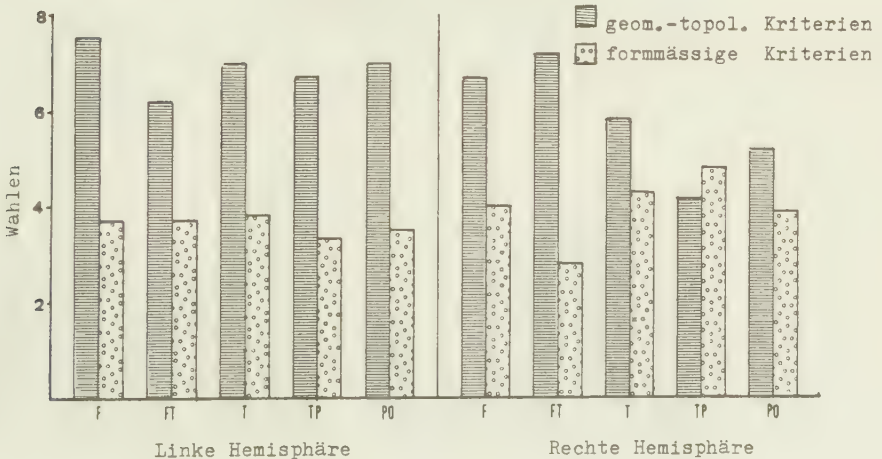


Abb. 37a

Spatial-Test und Dreidimensionale,
in ihrer Position veränderte Figuren:
Anzahl richtige Antworten

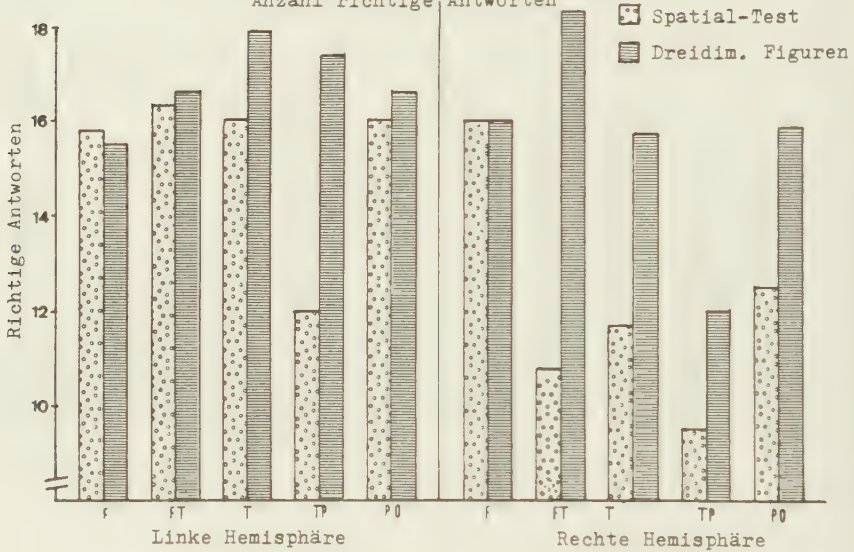


Abb. 37b

Spatial-Test: Anzahl Fehler

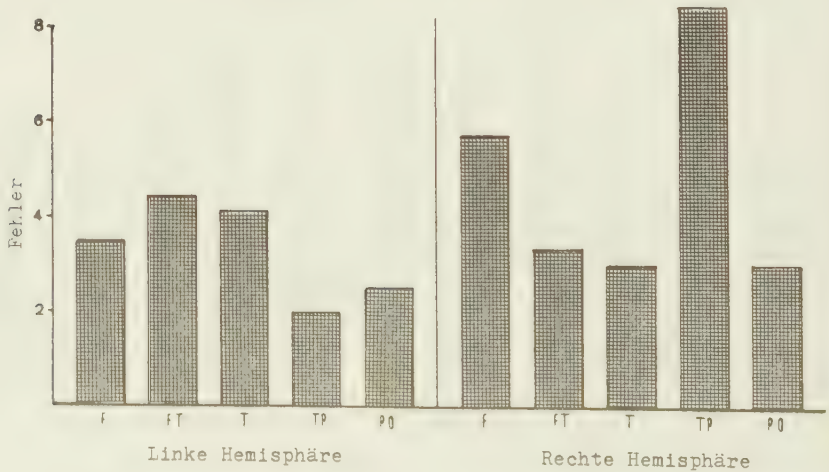


Abb. 38a Links-Rechts-Differenzierung:
Anzahl richtige Antworten

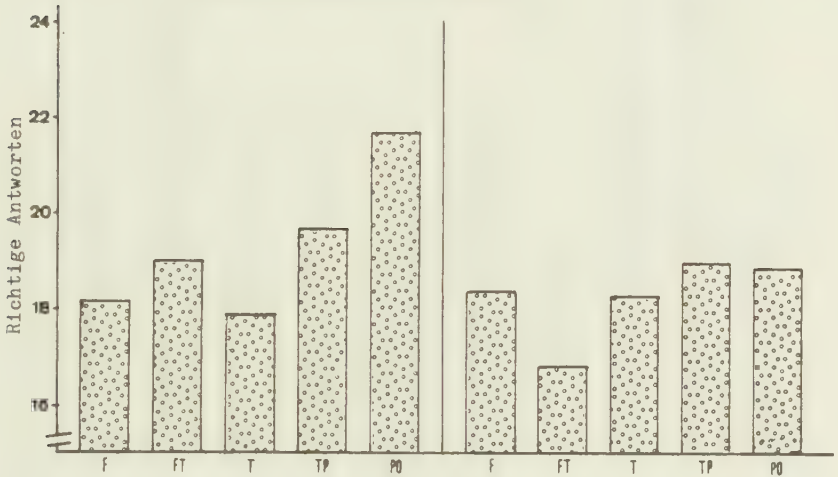


Abb. 38b Links-Rechts-Differenzierung:
Fehler bei links- und rechtsseitigen Extremitäten

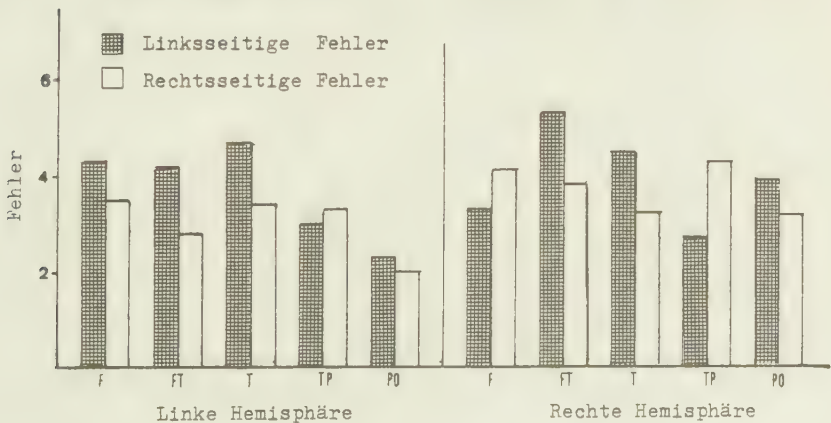
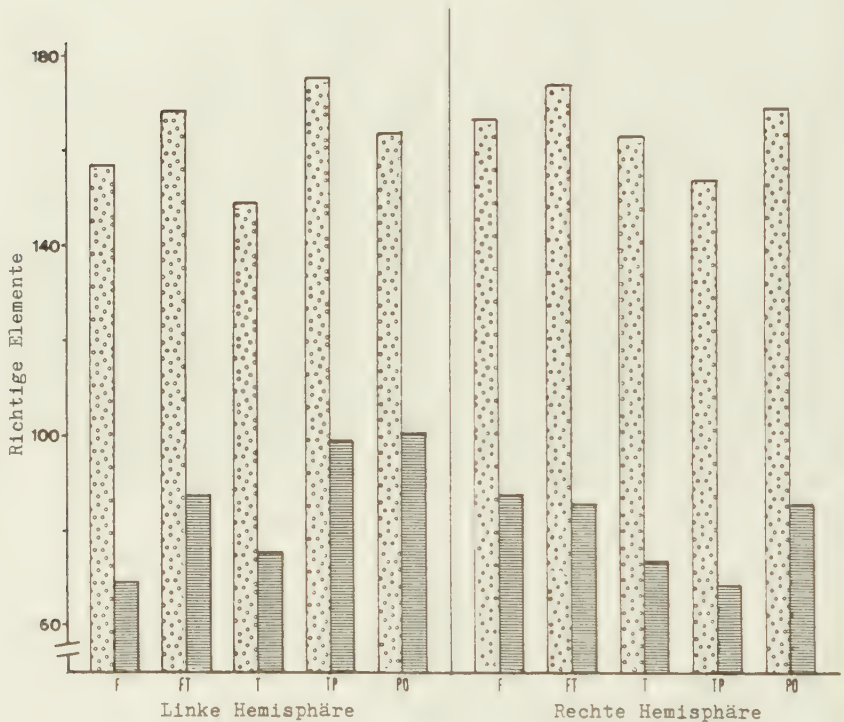


Abb. 39a Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis:
Anzahl richtig gezeichnete Elemente



Ad Abb. 39a,b + c:

-  Kopie, Anzahl richtig gezeichnete Elemente
-  Wiedergabe aus Gedächtnis, Anzahl richtig gezeichnete Elemente
-  Kopie, Anzahl Entstellungen
-  Wiedergabe aus Gedächtnis, Anzahl Entstellungen
-  Kopie, Anzahl Verschiebungen
-  Wiedergabe aus Gedächtnis, Anzahl Verschiebungen

Abb. 39b Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis:
Anzahl Entstellungen

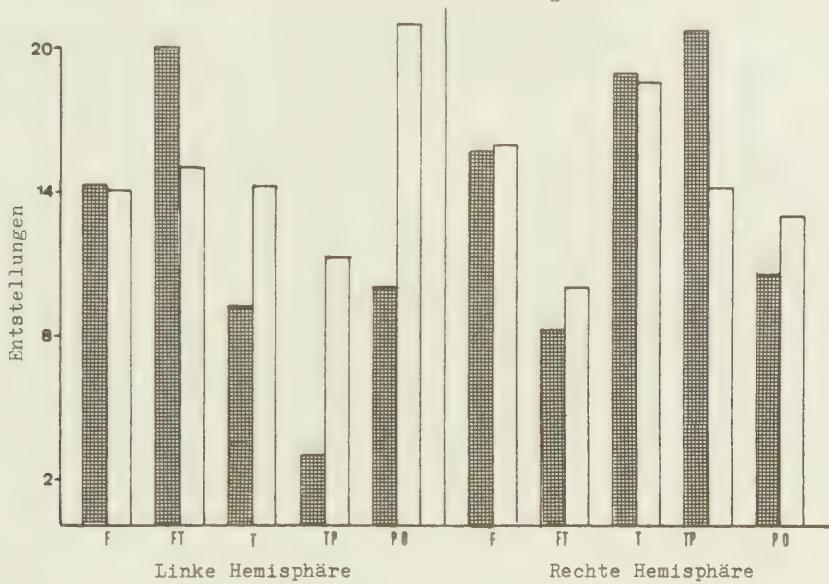


Abb. 39c Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis:
Anzahl Verschiebungen

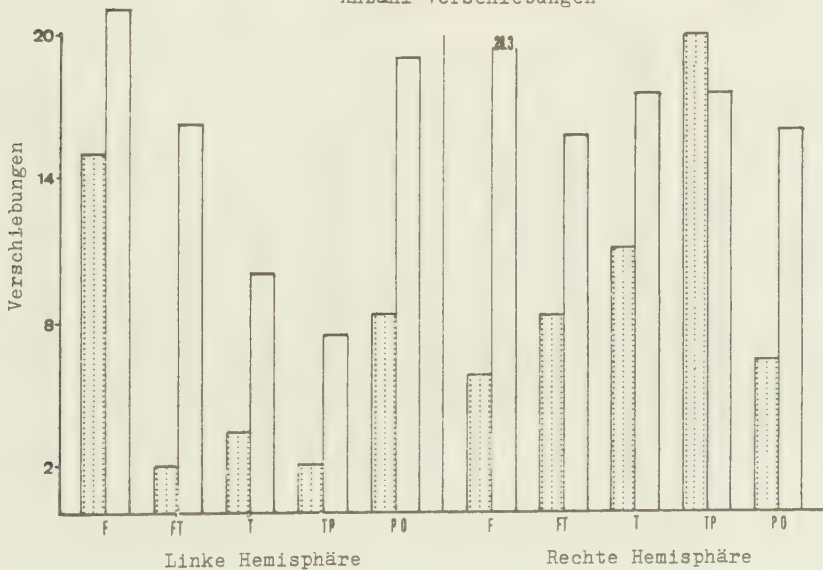


Abb. 40

Würfelvervollständigen:
Anzahl richtig ergänzter Linien

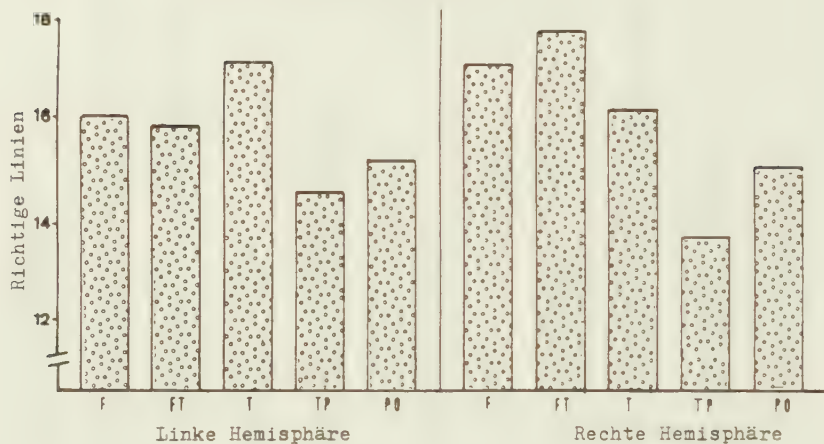


Abb. 41a

Körperschema-Test nach Semmes:
Anzahl richtige Antworten

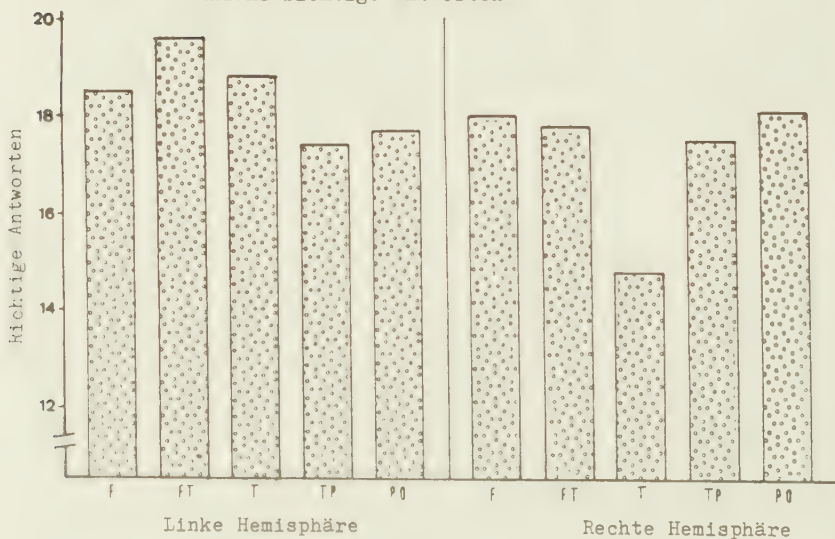


Abb. 41b

Körperschema-Test nach Semmes:
Anzahl links- und rechtsseitige Fehler

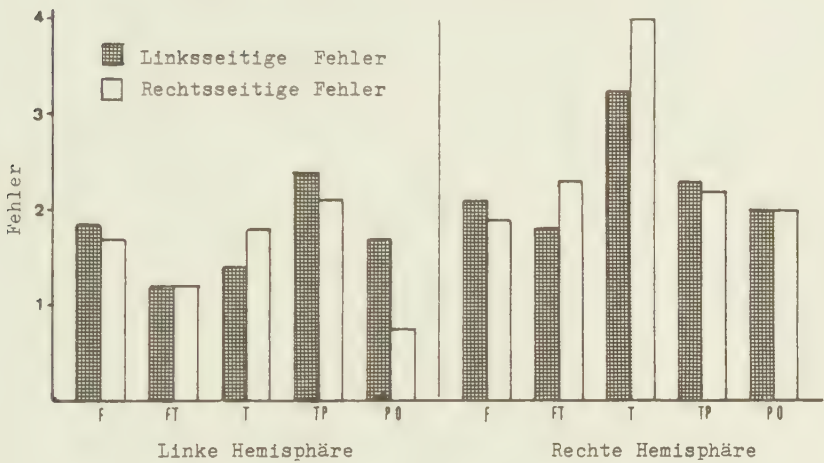
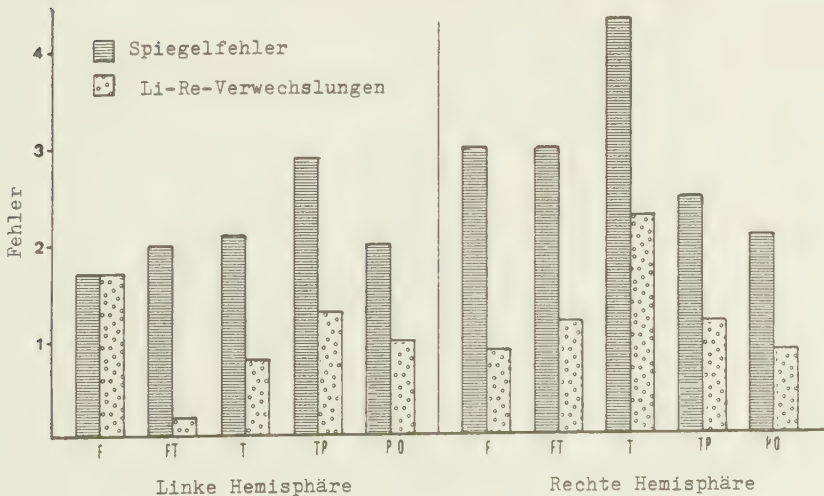


Abb. 41c

Körperschema-Test nach Semmes:
Anzahl Spiegelfehler und Li-Re-Verwechslungen



T A B E L L E N 27a,b + c

Korrelationen der Tests gleicher Funktionsbereiche, die
in verschiedener Modalität und in unterschiedlichem
Beantwortungsmodus durchgeführt wurden.

Tab. 27a Korrelationen: Beziehungen zwischen Tests in visueller und taktiler Modalität
sowie in exekutiver Ausführung
(für jede experimentelle Gruppe getrennt berechnet)

Korrelationen	Kontroll- und Patientengruppen										
	DH	Linke Hemisphäre					Rechte Hemisphäre				
		F	FT	T	TP	PO	F	FT	T	TP	PO
Vis. Linien-Orientierung und Vis.-takt. Lin.-Orientierung linke od. ipsilat. Hand	.64*	-.42	.88*	.89**	.27	.80	.92**	.46	-.56	.81*	.66*
Vis. Linien-Orientierung und Vis.-takt. Lin.-Orientierung rechte od. kontralat. Hand	.66*	.61	.83	.17	.73	.70	.78	.14	-.76	.65	.82*
Vis. Linien-Orientierung und Linien-Einzeichnen simultan	.65*	.93**	.65	.45	.87**	-.06	.52	.28	.60	.73	.65
Vis. Linien-Orientierung und Linien-Einzeichnen verzögert	.79**	.50	.86	.16	.85	.55	.72	.44	.28	-.45	.68

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 27b Korrelationen: Beziehungen zwischen Tests in visueller und taktiler Modalität
sowie in exekutiver Ausführung
(für jede experimentelle Gruppe getrennt berechnet)

Korrelationen	Kontroll- und Patientengruppen										
	DH	Linke Hemisphäre					Rechte Hemisphäre				
		F	FT	T	TP	PO	F	FT	T	TP	PO
Vis.-takt. Lin.-Orientierung linke od. ipsilat. Hand und Linien-Einzeichnen, <u>simultan</u>	.60*	-.19	.79	.52	.39	.46	.49	.74	.30	.92**	.21
Vis.-takt. Lin.-Orientierung linke od. ipsilat. Hand und Linien-Einzeichnen, <u>verzögert</u>	.71**	-.96	.97**	.47	.48	.23	.76	-.12	.47	-.31	.32
Vis.-takt. Lin.-Orientierung rechte od. kontralat. Hand und Linien-Einzeichnen, <u>simultan</u>	.62*	.59	.96*	.69	.86	.40	.45	.40	-.52	.96**	.26
Vis.-takt. Lin.-Orientierung rechte od. kontralat. Hand und Linien-Einzeichnen, <u>verzögert</u>	.68**	-.86	.57	.82*	.75	.28	.75	-.09	-.31	-.16	.46

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 27c Korrelationen: Beziehungen zwischen Tests in visueller und taktiler Modalität
sowie in exekutiver Ausführung
(für jede experimentelle Gruppe getrennt berechnet)

Korrelationen	Kontroll- und Patientengruppen										
	DH	Linke Hemisphäre					Rechte Hemisphäre				
		F	FT	T	TP	PO	F	FT	T	TP	PO
Takt. Formdiskrimination und Ueberlappte Figuren	-.14	-.29	-.40	.47	.99***	.14	.42	-.29	.96***	.17	.82***
Takt. Formdiskrimination und Figur-Muster-Vergleich	-.22	.34	.69	.81*	.05	.65	.69	-.06	.01	-.45	.91***
Visuelle Ähnlichkeits-Wahrnehmung und Taktile Ähnlichkeits-Wahrnehmung	.73**	.03	.67	.41	.57	-.65	.25	-.10	-.19	-.81*	.56

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

T A B E L L E N 28 - 30

Faktorenanalytische Untersuchung der Zusammenhänge
der einzelnen Testvariablen

A B B I L D U N G 42

Varianzanteile in Bezug auf die Gesamt-
kommunalität und Gesamtvarianz

Tab. 28 Varianzanteile der einzelnen Faktoren an der Gesamtvarianz

1. Faktor	2. Faktor	3. Faktor	4. Faktor	5. Faktor
4.20	2.90	2.70	2.20	1.80
20 %	13.8%	12.9%	10.5%	8.5%
Gesamtkommunalität	13.80 65.7%			
Gesamteinzelfvarianz	7.20 34.3%			
Gesamtvarianz	21.00			

Tab. 29 Varianzanteile in % der einzelnen in der Faktorenanalyse berücksichtigten Variablen an ihrem Hauptfaktor, an den übrigen extrahierten Faktoren sowie am Einzelrestfaktor

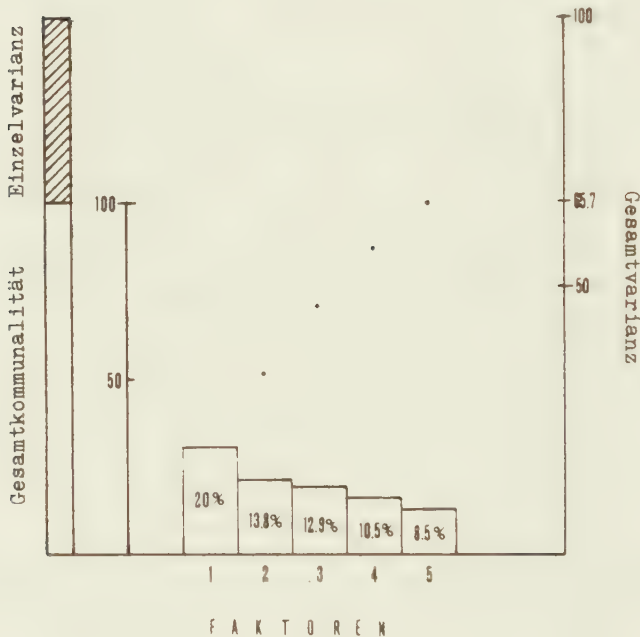
Variablen		Varianzanteile in % an:		
		Haupt-faktor	Uebrige Faktoren	Einzelrest-faktor
1. Faktor	-Vis. Ähnlichkeitswahrnehmung (Wahlen nach geom.-top. Kriterien)	67	5	28
	Linien-Einzeichnen* verzögert	62	7	31
	-Vis. Ähnlichkeitswahrnehmung (Wahlen nach formmässigen Kriterien)	56	11	33
	-Vis. Linien-Orientierung*	55	18	27
	-Würfelvervollständigen*	48	12	40
	-Ueberlappte Figuren*	38	28	34
	-Linien-Einzeichnen* simultan	31	44	25
	-Figur-Muster-Vergleich*	23	11	66
2. Faktor	-Zeit für Figur-Muster-Vergleich	79	5	16
	-Zeit für Ueberlappte Figuren	71	3	26
	-Zeit für Dreidimensionale Figuren	38	19	43
	-Dreidimensionale Figuren*	56	9	35
3. Faktor	-Li-Re-Differenzierung*	50	24	26
	-Zeit für Li-Re-Differenzierung	50	1	49
	-Fehler im Spatial-Test	37	11	52
	-Spatial-Test*	27	27	46
	-Kopie der Rey-Figur (Richtige Elemente)	60	6	34
4. Faktor	-Visuell-taktile Linien-Orientierung*	45	34	21
	-Wiedergabe der Rey-Figur aus Gedächtnis (Richtige Elemente)	34	37	29
	-Fakt. Formdiskrimination*	41	17	32
5. Faktor	-Fakt. Ähnlichkeitswahrnehm. (Wahlen nach geom.-top. Kriterien)	36	41	23
	-Fakt. Ähnlichkeitswahrnehm. (Wahlen nach formmässigen Kriterien)	35	23	42

* Anzahl richtige Antworten

Tab. 30 Signifikante Unterschiede bezüglich der extrahierten Faktoren
im interhemisphärischen Vergleich aufgrund der Factor-Scores

Läsionsorte	1. Faktor	2. Faktor	3. Faktor	4. Faktor	5. Faktor
frontal					
fronto-temporal					
temporal					
temporo-parietal	0.02		0.04		
parieto-okzipital	0.04				0.05

Abb. 42 Varianzanteile in Bezug auf die Gesamtkommunalität und Gesamtvarianz. Die linke Skala gibt den Prozentsatz der Gesamtkommunalität, die rechte den Prozentsatz an der Gesamtvarianz an. Die fünf Faktoren sind in der Reihenfolge ihrer Grösse prozentuell und kumulativ dargestellt.



T A B E L L E N 31 - 34

Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Variablen
der hemianopischen und nicht-hemianopischen Patienten
getrennt nach Läsionsseite

Tab. 31 Linien-Orientierung

Variablen	Linke Hemisphäre		Rechte Hemisphäre	
	ohne Hemianopsie (26)	mit Hemianopsie (7)	ohne Hemianopsie (28)	mit Hemianopsie (7)
<u>Vis. Linien-Orientierung</u>				
Richtige Antworten	39.5 ± 5.2	39.1 ± 3.0	37.4 ± 5.6	31.7 ± 7.9
Linksseitige Fehler	3.6 ± 2.4	2.6 ± 2.2	4.5 ± 3.2	7.6 ± 5.1
Rechtsseitige Fehler	4.9 ± 3.4	6.0 ± 3.0	6.1 ± 3.1	8.7 ± 3.9
<u>Vis.-takt. Lin.-Orientierung</u>				
Richtige Antworten	12.1 ± 2.0	10.0 ± 2.1	10.9 ± 2.9	8.6 ± 3.3
linke bzw. ipsilat. Hand	0.8 ± 1.0	1.4 ± 1.1	1.6 ± 1.7	3.1 ± 1.2
Linksseitige Fehler	0.9 ± 1.2	1.9 ± 1.0	1.1 ± 1.4	1.4 ± 1.7
Rechtsseitige Fehler				
Richtige Antworten	11.8 ± 1.4	11.4 ± 2.2	10.2 ± 2.9	9.0 ± 2.5
rechte bzw. kontralat. Hand	0.8 ± 0.8	0.6 ± 0.9	1.4 ± 1.5	2.8 ± 2.2
Linksseitige Fehler	1.1 ± 0.9	1.8 ± 1.1	1.6 ± 1.2	1.6 ± 0.5
Rechtsseitige Fehler				
<u>Linien-Einzeichnen</u>				
Richtige Antworten, simultan	17.4 ± 2.2	17.6 ± 1.7	17.0 ± 2.2	15.8 ± 0.7
Linksseitige Fehler	1.3 ± 1.2	0.6 ± 1.1	1.5 ± 1.4	2.6 ± 0.8
Rechtsseitige Fehler	1.3 ± 1.4	1.9 ± 0.9	1.5 ± 1.2	1.5 ± 0.8
Richtige Antworten, verzögert	16.4 ± 1.9	16.0 ± 2.1	15.6 ± 1.9	14.7 ± 1.7
Linksseitige Fehler	1.5 ± 1.1	0.8 ± 1.3	2.3 ± 1.6	3.5 ± 0.8
Rechtsseitige Fehler	2.0 ± 1.0	3.2 ± 1.9	2.1 ± 1.2	1.8 ± 1.3

Tab. 32 Form- und Ähnlichkeitswahrnehmung

Variablen	Linke Hemisphäre		Rechte Hemisphäre	
	ohne Hemianopsie (26)	mit Hemianopsie (7)	ohne Hemianopsie (28)	mit Hemianopsie (7)
<u>Takt. Formdiskrimination</u>	7.7 ± 0.6	7.1 ± 1.5	7.4 ± 1.2	6.4 ± 1.7
<u>Ueberlappte Figuren</u>				
Richtige Antworten	17.5 ± 0.8	16.1 ± 1.6	16.7 ± 1.9	14.1 ± 3.7
Rotationsfehler	0.4 ± 0.7	1.7 ± 1.5	1.1 ± 1.5	2.8 ± 2.9
Zeit	311.4 ± 126.3	293.7 ± 118.9	311.2 ± 152.7	358.0 ± 150.3
<u>Figur-Muster-Vergleich</u>				
Richtige Antworten	27.5 ± 3.3	26.1 ± 4.8	26.9 ± 3.0	25.5 ± 3.8
Figurale Fehler	1.8 ± 1.9	2.0 ± 2.3	2.5 ± 2.1	3.2 ± 1.7
Muster-Fehler	2.7 ± 2.3	3.8 ± 3.2	2.6 ± 1.7	3.3 ± 2.6
Zeit	354.7 ± 122.1	451.0 ± 168.5	399.6 ± 131.3	371.2 ± 110.8
<u>Takt. Ähnlichkeitswahrnehmung</u>				
geom.-topol. Kriterien	5.9 ± 1.5	5.25 ± 1.5	5.3 ± 1.8	6.0 ± 1.4
<u>Vis. Ähnlichkeitswahrnehmung</u>				
geom.-topol. Kriterien	7.2 ± 2.1	6.0 ± 2.1	6.3 ± 2.3	3.7 ± 2.4

Tab. 33 Raumvorstellung

Variablen	Linke Hemisphäre		Rechte Hemisphäre	
	ohne Hemianopsie (26)	mit Hemianopsie (7)	ohne Hemianopsie (28)	mit Hemianopsie (7)
<u>Spatial-Test</u>				
Richtige Antworten	15.8 $\pm$ 5.8	12.7 $\pm$ 8.2	13.1 $\pm$ 5.9	9.0 $\pm$ 7.1
Fehler	3.6 $\pm$ 3.2	2.3 $\pm$ 1.4	4.7 $\pm$ 4.4	3.7 $\pm$ 2.1
<u>Dreidimensionale Figuren</u>				
Richtige Antworten	17.5 $\pm$ 3.5	14.7 $\pm$ 4.1	16.4 $\pm$ 5.2	12.4 $\pm$ 5.3
Zeit	272.8 $\pm$ 67.1	349.4 $\pm$ 34.1	301.2 $\pm$ 92.7	327.6 $\pm$ 104.3
<u>Links-Rechts-Differenzierung</u>				
Richtige Antworten	18.9 $\pm$ 4.2	20.0 $\pm$ 2.8	18.3 $\pm$ 2.9	18.7 $\pm$ 4.5
Linksseitige Fehler	3.9 $\pm$ 2.8	3.3 $\pm$ 1.5	3.9 $\pm$ 2.2	4.1 $\pm$ 2.5
Rechtsseitige Fehler	3.1 $\pm$ 2.1	2.7 $\pm$ 1.7	3.8 $\pm$ 2.1	3.1 $\pm$ 2.5
Zeit	150.2 $\pm$ 53.9	161.4 $\pm$ 49.1	142.1 $\pm$ 51.2	182.7 $\pm$ 104.7

Tab. 34 Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis;
Würfelvervollständigen und Semmes-Test

Variablen	Linke Hemisphäre		Rechte Hemisphäre	
	ohne Hemianopsie (23)	mit Hemianopsie (6)	ohne Hemianopsie (24)	mit Hemianopsie (6)
<u>Rey-Kopie</u> Richtige Elemente Entstellungen Verschiebungen	161.6 ± 35.7 9.1 ± 9.2 8.1 ± 11.2	161.7 ± 40.2 13.8 ± 12.9 9.2 ± 6.5	165.8 ± 20.4 11.5 ± 8.5 7.8 ± 8.2	158.0 ± 27.7 8.6 ± 9.0 9.4 ± 7.7
<u>Rey-Reprod. aus Gedächtnis</u> Richtige Elemente Entstellungen Verschiebungen	85.5 ± 36.5 17.0 ± 12.9 16.4 ± 11.8	82.5 ± 29.0 19.2 ± 13.4 16.9 ± 13.4	82.6 ± 28.2 15.7 ± 11.5 14.8 ± 9.9	60.0 ± 39.2 16.3 ± 13.1 13.9 ± 14.6
<u>Würfelvervollständigen</u> Richtig reprod. Linien	15.9 ± 2.3	16.4 ± 2.1	16.0 ± 2.5	15.3 ± 1.9
<u>Semmes-Test</u> Richtige Antworten Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler Spiegelfehler Li-Re-Verwechslungen	19.2 ± 3.5 1.4 ± 1.8 1.4 ± 1.9 2.2 ± 2.5 0.9 ± 1.6	15.1 ± 4.9 3.0 ± 2.6 2.1 ± 2.5 2.6 ± 2.8 1.3 ± 1.7	17.4 ± 3.4 2.1 ± 1.7 2.5 ± 2.1 2.1 ± 2.2 1.3 ± 1.4	17.1 ± 4.5 2.8 ± 3.0 2.1 ± 1.9 2.8 ± 2.5 1.8 ± 1.4

T A B E L L E N 35 - 38

Signifikante Unterschiede der multiplen t-Test Vergleiche
der hemianopischen und nicht-hemianopischen
Patientengruppen beider Hemisphären

Tab. 35 Signifikanz: Linien-Orientierung

Variablen	F- und p-Werte	Total d. Patienten		Li-Hemisphäre		Re-Hemisphäre		Rechtsseitige (7) versus linksseitige Hemianopsie (7)
		Hemianopsie (14) versus keine Hemianopsie (54)		Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (26)		Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (28)		
<u>Visuelle</u> <u>Linien-Orientierung</u> Richtige Antworten Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler	F=3.87/p 0.02 F=3.61/p 0.02 F=2.48/ n.s.					* *		* **
<u>Visuell-taktile</u> <u>Linien-Orientierung</u> Richtige Antworten linke/ipsilat. Hand Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler Richtige Antworten rechte/kontralat. Hand Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler	F=4.11/p 0.02 F=5.41/p 0.003 F=0.99/ n.s. F=3.14/p 0.04 F=3.65/p 0.02 F=1.36/ n.s.	** *				* *		* **
<u>Linien-Einzeichnen</u> Richtige Antworten simultan Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler Richtige Antworten verzögert Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler	F=1.08/ n.s. F=3.15/p 0.04 F=0.43/ n.s. F=1.29/ n.s. F=4.55/p 0.007 F=1.49/ n.s.					*		* **

* p 0.05; ** p 0.01; *** p 0.001

Tab. 36 Signifikanzen: Form- und Ähnlichkeitswahrnehmung

Variablen	F- und p-Werte	Total d. Patienten	Li-Hemisphäre	Re-Hemisphäre	Rechtsseitige(7) versus linkseitige Hemianopsie(7)
		Hemianopsie (14) versus keine Hemianopsie (54)	Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (26)	Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (28)	
<u>Taktiler</u> <u>Formdiskrimination</u>	F=2.86/p 0.05	*			
<u>Überlappede Figuren</u> Richtige Antworten Rotationsfehler Zeit	F=6.47/p 0.001 F=5.49/p 0.003 F=0.29/ n.s.	*** ***		** **	*
<u>Figur-Muster-Vergleich</u> Richtige Antworten Figurale Fehler Muster-Fehler Zeit	F=0.72/ n.s. F=0.98/ n.s. F=0.75/ n.s. F=1.18/ n.s.				
<u>Taktiler</u> <u>Ähnlichkeitswahrnehm.</u> geom.-topol. Kriterien	F=0.65/ n.s.				
<u>Visueller</u> <u>Ähnlichkeitswahrnehm.</u> geom.-topol. Kriterien	F=4.38/p 0.008	**		**	

* p 0.05; ** p 0.01; *** p 0.001

Tab. 37 Signifikanzen: Raumvorstellung

Variablen	F- und p-Werte	Total d. Patienten	Li-Hemisphäre	Re-Hemisphäre	Rechtsseitige(7) versus linksseitige Hemianopsie(7)
		Hemianopsie (14) versus keine Hemianopsie (54)	Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (26)	Hemianopsie (7) versus keine Hemianopsie (28)	
<u>Spatial-Test</u> Richtige Antworten Fehler	F=2.47/ n.s. f=1.01/ n.s.				
<u>Dreidimensionale Figuren</u> Richtige Antworten Zeit	F=2.53/ n.s. F=2.08/ n.s.				
<u>Links-Rechts- Differenzierung</u> Richtige Antworten Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler Zeit	F=0.46/ n.s. F=0.16/ n.s. F=0.78/ n.s. F=0.95/ n.s.				

* p 0.05; ** p 0.01; *** p 0.001

Tab. 48 Signifikanzen: Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis;
Würfel vervollständigen und Semmes-Test

Variablen	F- und p-Werte	Total d. Patienten	Li-Hemisphäre	Re-Hemisphäre		Rechtsseitige(6) versus linksseitige Hemianopsie(6)
				Hemianopsie (6) versus keine Hemianopsie (23)	Hemianopsie (6) versus keine Hemianopsie (24)	
<u>Rey-Figur</u> <u>Kopie</u> Reproduktion aus Gedächtnis	$F=0.14/$ n.s. $F=0.83/$ n.s.					
<u>Würfel-</u> <u>vervollständigen</u>	$F=2.40/$ n.s.					
<u>Semmes-Test</u> Richtige Antworten Linksseitige Fehler Rechtsseitige Fehler	$F=2.62/$ n.s. $F=1.88/$ n.s. $F=1.24/$ n.s.					

* p 0.05; ** p 0.01; *** p 0.001

T A B E L L E N 39 - 44

Mittelwerte und Standardabweichungen sämtlicher Variablen
der beiden Geschlechter und der drei Bildungsgruppen

Die Tabellen enthalten zusätzlich die F- und p-Werte
der entsprechenden Variablen für die Varianzanalyse
über die Gruppen.

T A B E L L E N 45a + b

Korrelationen der einzelnen Variablen
mit dem Bildungsgrad

Tab. 39 Linien-Orientierung und Formwahrnehmung

Variablen	Männer (76)	Frauen (54)	F	*
<u>Vis. Linien-Orientierung</u>				
Richtige Antworten	40.6 $\pm$ 5.7	39.6 $\pm$ 5.5	0.68	
Richtige Winkel	19.6 $\pm$ 3.5	18.9 $\pm$ 3.2	0.77	
Linksseitige Fehler	3.2 $\pm$ 3.2	3.7 $\pm$ 2.9	0.97	
Rechtsseitige Fehler	4.3 $\pm$ 3.5	4.8 $\pm$ 3.3	0.31	
<u>Visuell-taktile Linien-Orientierung (li/ipsilat. Hand)</u>				
Richtige Antworten	12.1 $\pm$ 2.2	11.3 $\pm$ 2.4	1.61	
Linksseitige Fehler	1.0 $\pm$ 1.2	1.2 $\pm$ 1.4	0.47	
Rechtsseitige Fehler	0.7 $\pm$ 1.0	1.1 $\pm$ 1.2	1.89	
<u>Visuell-taktile Linien-Orientierung (re/kontralat. Hand)</u>				
Richtige Antworten	11.3 $\pm$ 2.1	10.5 $\pm$ 2.7	1.49	
Linksseitige Fehler	1.0 $\pm$ 1.3	1.4 $\pm$ 1.4	0.57	
Rechtsseitige Fehler	1.3 $\pm$ 1.1	1.5 $\pm$ 1.0	0.39	
<u>Linien-Einzeichnen (simultan)</u>				
Richtige Antworten	18.3 $\pm$ 1.9	17.6 $\pm$ 1.9	1.52	
Linksseitige Fehler	0.8 $\pm$ 1.2	1.2 $\pm$ 1.3	1.22	
Rechtsseitige Fehler	0.8 $\pm$ 1.1	1.2 $\pm$ 1.1	1.72	
<u>Linien-Einzeichnen (verzögert)</u>				
Richtige Antworten	17.0 $\pm$ 2.2	16.3 $\pm$ 2.0	1.92	
Linksseitige Fehler	1.6 $\pm$ 1.4	1.8 $\pm$ 1.4	0.89	
Rechtsseitige Fehler	1.4 $\pm$ 1.2	1.9 $\pm$ 1.4	2.14	
<u>Taktile Formdiskrimination</u>				
Richtige Antworten	7.5 $\pm$ 1.0	7.7 $\pm$ 0.7	0.30	
<u>Ueberlappte Figuren</u>				
Richtige Antworten	17.2 $\pm$ 1.9	17.3 $\pm$ 1.3	0.19	
Fehler bei rot. Fig.	0.7 $\pm$ 1.5	0.6 $\pm$ 1.0	0.16	
Zeit	233.5 $\pm$ 153.1	241.1 $\pm$ 141.1	0.50	
<u>Form-Muster-Vergleich</u>				
Richtige Antworten	28.1 $\pm$ 3.5	28.0 $\pm$ 3.1	0.40	
Figurale Fehler	1.8 $\pm$ 2.0	1.8 $\pm$ 1.7	0.44	
Muster-Fehler	2.1 $\pm$ 2.1	2.3 $\pm$ 2.1	0.32	
Zeit	348.7 $\pm$ 105.4	353.8 $\pm$ 138.1	0.40	

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 40 Ähnlichkeits-Wahrnehmung und Raumvorstellung

Variablen	Männer (76)	Frauen (54)	F	*
<u>Taktile</u>				
<u>Ähnlichkeitswahrnehmung</u>				
Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	6.4 $\pm$ 1.5	5.9 $\pm$ 1.6	2.20	
Wahlen n. formmässigen Kriterien	1.0 $\pm$ 1.0	1.0 $\pm$ 0.9	0.53	
<u>Visuelle</u>				
<u>Ähnlichkeitswahrnehmung</u>				
Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	7.4 $\pm$ 2.3	7.0 $\pm$ 2.4	0.38	
Wahlen n. formmässigen Kriterien	3.4 $\pm$ 1.7	3.5 $\pm$ 1.5	0.54	
<u>Spatial-Test</u>				
Richtige Antworten	17.8 $\pm$ 7.2	15.4 $\pm$ 6.0	1.92	
Fehler	2.8 $\pm$ 3.4	3.6 $\pm$ 3.0	0.95	
<u>Dreidimensionale</u>				
<u>Figuren</u>				
Richtige Antworten	18.5 $\pm$ 4.5	17.4 $\pm$ 4.1	1.13	
Zeit	273.9 $\pm$ 93.9	269.1 $\pm$ 73.3	0.44	
<u>Links-Rechts-</u>				
<u>Differenzierung</u>				
Richtige Antworten	21.2 $\pm$ 4.1	20.3 $\pm$ 3.5	0.71	
Linksseitige Fehler	2.7 $\pm$ 2.4	3.0 $\pm$ 2.4	0.34	
Rechtsseitige Fehler	2.1 $\pm$ 2.1	2.7 $\pm$ 2.0	1.27	
Zeit	129.4 $\pm$ 69.5	119.1 $\pm$ 49.4	0.39	

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 41 Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis;
Würfelvervollständigen und Semmes-Test
sowie Kontroll-Tests

Variablen	Männer (76)	Frauen (54)	F	*
<u>Rey-Kopie</u>				
Richtige Elemente	174.8 $\pm$ 11.9	164.2 $\pm$ 31.4	3.21	*
Entstellungen	6.4 $\pm$ 11.4	9.3 $\pm$ 11.9	1.08	
Verschiebungen	3.6 $\pm$ 6.7	6.7 $\pm$ 11.1	1.75	
<u>Rey-Reproduktion aus Gedächtnis</u>				
Richtige Elemente	102.6 $\pm$ 40.2	99.3 $\pm$ 38.1	0.10	
Entstellungen	10.3 $\pm$ 7.9	14.0 $\pm$ 7.7	3.35	*
Verschiebungen	10.3 $\pm$ 9.0	17.3 $\pm$ 11.9	6.00	**
<u>Würfel- vervollständigen</u>				
Richtig reprod. Linien	16.9 $\pm$ 2.9	16.3 $\pm$ 2.7	0.63	
<u>Semmes-Test</u>				
Richtige Antworten	15.1 $\pm$ 3.4	19.0 $\pm$ 3.3	0.41	
Linksseitige Fehler	1.3 $\pm$ 1.7	1.5 $\pm$ 1.8	0.46	
Rechtsseitige Fehler	1.3 $\pm$ 1.9	1.5 $\pm$ 1.8	0.37	
Spiegelfehler	1.4 $\pm$ 2.0	1.6 $\pm$ 1.9	0.42	
Li-Re-Verwechslungen	1.2 $\pm$ 1.8	1.5 $\pm$ 1.6	0.48	
<u>Kontroll-Tests</u>				
Token-Test	19.1 $\pm$ 3.9	18.0 $\pm$ 5.5	0.95	
Mehrfachwahl- Wortschatz-Test (MWT)	37.2 $\pm$ 3.4	36.4 $\pm$ 3.7	1.44	
Zahlennachsprechen vorwärts	5.9 $\pm$ 1.1	5.7 $\pm$ 1.2	0.98	
Zahlennachsprechen rückwärts	4.1 $\pm$ 1.3	3.9 $\pm$ 1.1	0.85	
Corsi-Test	4.8 $\pm$ 1.2	4.7 $\pm$ 1.0	0.75	

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 42 Linien-Orientierung und Formwahrnehmung

Variablen	Primarschule (42)	Sekundar- schule (37)	Hochschule (3)	F	*
<u>Visuelle</u> <u>Linien-Orientierung</u>					
Richtige Antworten	37.9 $\pm$ 6.4	38.6 $\pm$ 5.0	44.3 $\pm$ 0.6	1.78	
Richtige Winkel	18.3 $\pm$ 4.1	18.0 $\pm$ 2.9	21.3 $\pm$ 0.6	0.92	
Linksseitige Fehler	4.5 $\pm$ 3.6	4.1 $\pm$ 2.8	0.3 $\pm$ 0.6	2.44	
Rechtsseitige Fehler	5.6 $\pm$ 3.8	5.4 $\pm$ 3.1	3.3 $\pm$ 0.6	0.60	
<u>Visuell-taktile</u> <u>Linien-Orientierung</u> (li/ipsilat. Hand)					
Richtige Antworten	10.6 $\pm$ 2.8	11.9 $\pm$ 2.1	13.7 $\pm$ 0.6	3.85	*
Linksseitige Fehler	1.8 $\pm$ 1.5	1.0 $\pm$ 1.4	0.3 $\pm$ 0.6	3.35	*
Rechtsseitige Fehler	1.1 $\pm$ 1.3	0.9 $\pm$ 1.3	0.0 $\pm$ 0.0	1.26	
<u>Visuell-taktile</u> <u>Linien-Orientierung</u> (re/kontralat. Hand)					
Richtige Antworten	10.1 $\pm$ 2.5	11.5 $\pm$ 2.1	13.5 $\pm$ 0.7	3.82	*
Linksseitige Fehler	1.6 $\pm$ 1.6	0.8 $\pm$ 1.1	0.5 $\pm$ 0.7	2.70	
Rechtsseitige Fehler	1.6 $\pm$ 1.0	1.3 $\pm$ 1.1	0.0 $\pm$ 0.0	2.60	
<u>Linien-Einzeichnen</u> (simultan)					
Richtige Antworten	17.5 $\pm$ 1.9	17.3 $\pm$ 2.3	19.0 $\pm$ 1.0	0.87	
Linksseitige Fehler	1.2 $\pm$ 1.3	1.4 $\pm$ 1.3	0.7 $\pm$ 1.1	0.56	
Rechtsseitige Fehler	1.3 $\pm$ 1.0	1.3 $\pm$ 1.4	0.3 $\pm$ 0.6	0.97	
<u>Linien-Einzeichnen</u> (verzögert)					
Richtige Antworten	16.2 $\pm$ 2.1	16.0 $\pm$ 2.2	18.5 $\pm$ 0.7	1.23	
Linksseitige Fehler	1.8 $\pm$ 1.5	1.9 $\pm$ 1.6	1.0 $\pm$ 1.4	0.35	
Rechtsseitige Fehler	2.0 $\pm$ 1.4	2.0 $\pm$ 1.1	0.5 $\pm$ 0.7	1.38	
<u>Taktile</u> <u>Formdiskrimination</u>					
Richtige Antworten	7.4 $\pm$ 1.2	7.6 $\pm$ 0.9	8.0 $\pm$ 0.0	0.82	
<u>Ueberlappte Figuren</u>					
Richtige Antworten	16.4 $\pm$ 2.4	17.3 $\pm$ 1.1	18.0 $\pm$ 0.0	2.87	
Fehler bei rot. Fig.	1.4 $\pm$ 1.9	0.6 $\pm$ 0.9	0.0 $\pm$ 0.0	2.98	
Zeit	317.7 $\pm$ 154.9	286.4 $\pm$ 122.7	207.7 $\pm$ 159.3	1.14	
<u>Form-Muster-Vergleich</u>					
Richtige Antworten	27.0 $\pm$ 4.1	27.2 $\pm$ 3.1	30.7 $\pm$ 0.8	1.43	
Figurale Fehler	2.4 $\pm$ 2.5	2.0 $\pm$ 1.6	0.7 $\pm$ 0.6	1.04	
Muster-Fehler	2.6 $\pm$ 2.2	2.8 $\pm$ 2.4	0.7 $\pm$ 0.6	1.26	
Zeit	417.5 $\pm$ 133.8	357.8 $\pm$ 100.2	287.0 $\pm$ 128.5	3.40	*

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 43 Ähnlichkeits-Wahrnehmung und Raumvorstellung

Variablen	Primarschule (42)	Sekundar- schule (37)	Hochschule (3)	F	*
<u>Taktile</u> <u>Ähnlichkeitswahrnehm.</u>					
Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	5.4 ± 1.7	6.1 ± 1.5	7.5 ± 0.7	3.77	*
Wahlen n. formmässigen Kriterien	1.0 ± 0.9	0.9 ± 0.9	0.0 ± 0.0	0.29	
<u>Visuelle</u> <u>Ähnlichkeitswahrnehm.</u>					
Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	6.4 ± 2.6	6.6 ± 2.1	8.0 ± 1.7	3.25	*
Wahlen n. formmässigen Kriterien	3.6 ± 1.6	3.7 ± 1.3	2.7 ± 1.2	0.38	
<u>Spatial-Test</u>					
Richtige Antworten	12.8 ± 7.0	15.8 ± 5.9	22.0 ± 4.6	4.02	*
Fehler	3.9 ± 3.3	3.6 ± 4.0	1.0 ± 1.0	0.93	
<u>Dreidimensionale</u> <u>Figuren</u>					
Richtige Antworten	15.6 ± 5.4	17.9 ± 3.5	21.7 ± 1.2	4.29	*
Zeit	321.1 ± 80.4	281.2 ± 72.3	216.7 ± 19.3	4.55	*
<u>Links-Rechts-</u> <u>Differenzierung</u>					
Richtige Antworten	19.2 ± 3.8	19.5 ± 3.6	22.0 ± 1.0	0.84	
Linksseitige Fehler	3.6 ± 2.4	3.5 ± 2.3	3.0 ± 1.0	0.14	
Rechtsseitige Fehler	3.2 ± 2.1	3.1 ± 2.2	1.0 ± 0.0	1.49	
Zeit	155.3 ± 63.5	146.2 ± 58.0	107.0 ± 30.4	0.99	

* p ≤ 0.05; ** p ≤ 0.01; *** p ≤ 0.001

Tab. 44 Rey-Figur, Kopie und Wiedergabe aus Gedächtnis;
Würfelvervollständigen und Semmes-Test
sowie Kontroll-Tests

Variablen	Primarschule (42)	Sekundar- schule (37)	Hochschule (3)	F	*
<u>Rey-Kopie</u>					
Richtige Elemente	163.1 ± 24.2	167.8 ± 30.4	180.0 ± 0.0	0.69	**
Entstellungen	16.3 ± 15.0	6.5 ± 8.3	0.0 ± 0.0	6.90	
Verschiebungen	8.8 ± 11.7	5.8 ± 8.7	0.0 ± 0.0	1.48	
<u>Rey-Reproduktion aus Gedächtnis</u>					
Richtige Elemente	81.6 ± 36.9	85.2 ± 28.7	128.3 ± 30.6	2.74	
Entstellungen	13.1 ± 7.8	12.8 ± 7.5	13.3 ± 11.5	1.58	
Verschiebungen	13.3 ± 11.4	18.0 ± 12.4	10.0 ± 5.0	0.01	
<u>Würfel- vervollständigen</u>					
Richtig reprod. Linien	13.5 ± 5.0	16.1 ± 4.5	18.0 ± 0.0	10.49	***
<u>Semmes-Test</u>					
Richtige Antworten	17.9 ± 3.4	18.3 ± 3.9	22.0 ± 0.0	1.77	
Linksseitige Fehler	2.1 ± 1.9	1.7 ± 2.0	0.0 ± 0.0	1.93	
Rechtsseitige Fehler	2.0 ± 1.9	1.6 ± 2.1	0.0 ± 0.0	1.57	
Spiegelfehler	2.5 ± 1.9	2.1 ± 2.8	0.0 ± 0.0	1.86	
Li-Re-Verwechslungen	1.1 ± 1.5	1.1 ± 1.8	0.0 ± 0.0	0.63	
<u>Kontroll-Tests</u>					
Token-Test	16.7 ± 5.0	17.6 ± 5.2	21.3 ± 0.6	1.34	**
Mehrfachwahl- Wortschatz-Test(MWT)	35.7 ± 3.7	37.8 ± 2.9	41.7 ± 0.6	6.54	
Zahlennachsprechen vorwärts	5.3 ± 1.1	5.7 ± 1.1	6.7 ± 2.1	2.68	
Zahlennachsprechen rückwärts	3.4 ± 1.2	3.9 ± 1.2	4.0 ± 1.0	2.39	
Corsi-Test	4.5 ± 1.2	4.7 ± 1.2	5.3 ± 1.2	0.82	

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 45a Korrelationen der einzelnen Variablen
mit dem Bildungsgrad

Variablen	Korr.- Koeff.	Variablen	Korr.- Koeff.
<u>Visuelle</u> <u>Linien-Orientierung</u>		<u>Taktile</u> <u>Formdiskrimination</u>	
Richtige Antworten	.15	Richtige Antworten	.14
Richtige Winkel	.14		
Linksseitige Fehler	-.18	<u>Ueberlappte Figuren</u>	
Rechtsseitige Fehler	-.08	Richtige Antworten	.25*
		Fehler bei rot. Fig.	.26*
<u>Visuell-taktile</u> <u>Linien-Orientierung</u> (li/ipsilat. Hand)		<u>Form-Muster-Vergleich</u>	
Richtige Antworten	.29*	Richtige Antworten	.11
Linksseitige Fehler	-.28*	Figurale Fehler	-.14
Rechtsseitige Fehler	-.15	Muster-Fehler	-.04
		Zeit	-.28*
<u>Visuell-taktile</u> <u>Linien-Orientierung</u> (re/kontralat. Hand)		<u>Taktile</u> <u>Aehnlichkeitswahrnehmung</u>	
Richtige Antworten	.34**	Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	.25*
Linksseitige Fehler	-.29*	Wahlen n. formmässigen Kriterien	-.15
Rechtsseitige Fehler	-.25		
<u>Linien-Einzeichnen</u> (simultan)		<u>Visuelle</u> <u>Aehnlichkeitswahrnehmung</u>	
Richtige Antworten	.03	Wahlen n. geom.-topol. Kriterien	.10
Linksseitige Fehler	-.02	Wahlen n. formmässigen Kriterien	-.04
Rechtsseitige Fehler	-.09		
<u>Linien-Einzeichnen</u> (verzögert)			
Richtige Antworten	.35		
Linksseitige Fehler	-.31		
Rechtsseitige Fehler	-.07		

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Tab. 45b Korrelationen der einzelnen Variablen
mit dem Bildungsgrad

Variablen	Korr.- Koeff.	Variablen	Korr.- Koeff.
<u>Spatial-Test</u>		<u>Semmes-Test</u>	
Richtige Antworten	.29**	Richtige Antworten	.14
Fehler	-.10	Linksseitige Fehler	-.18
		Rechtsseitige Fehler	-.16
<u>Dreidimensionale Figuren</u>		Spiegelfehler	-.18
Richtige Antworten	.31**	Li-Re-Verwechslungen	-.06
Zeit	-.31**		
<u>Links-Rechts- Differenzierung</u>		<u>Kontroll-Tests</u>	
Richtige Antworten	.10	Token-Test	.15
Linksseitige Fehler	-.05	Mehrfachwahl- Wortschatztest (MWT)	.41***
Rechtsseitige Fehler	-.12		
Zeit	-.13	Zahlennachsprechen vorwärts	.23*
<u>Rey-Kopie</u>		Zahlennachsprechen rückwärts	.22*
Richtige Elemente	.13		
Entstellungen	-.40***	<u>Corsi-Test</u>	.12
Verschiebungen	-.19		
<u>Rey-Reproduktion aus Gedächtnis</u>			
Richtige Elemente	.19		
Entstellungen	-.01		
Verschiebungen	.11		

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

LITERATURVERZEICHNIS

- Arrigoni, G. & De Renzi, E.: Constructional apraxia and hemispheric locus of lesion. Cortex, 1964, 1, 170-197.
- Asch, S.E. & Witkin, H.A.: Studies in space orientation:
I. Perception of the upright with displaced visual field. Journal of Experimental Psychology, 1948, 38, 325-337.
- Asch, S.E. & Witkin, H.A.: Studies in space orientation:
II. Perception of the upright with displaced visual fields and with body tilted. Journal of Experimental Psychology, 1948, 38, 455-477.
- Atkinson, J. & Egeth, H.: Right hemisphere superiority in visual orientation matching. Canadian Journal of Psychology, 1973, 27, 152-158.
- Bach-y-Rita, P.: Brain mechanisms in sensory substitution. New York: Academic Press, 1972.
- Bamber, D.: Reaction times and error rates for "same-different" judgments of multidimensional stimuli. Perception and Psychophysics, 1969, 6, 169-174.
- Bartley, S.H.: The perception of size or distance based on tactile and kinesthetic data. Journal of Psychology, 1953, 36, 401-408.
- Barton, M.I., Goodglass, H. & Shai, A.: Differential recognition of tachistoscopically presented English and Hebrew words in right and left visual fields. Perceptual and Motor Skills, 1965, 21, 431-437.

- Basso, A., De Renzi, E., Faglioni, P., Scotti, G. & Spinnler, H.: Neuropsychological evidence for the existence of cerebral areas critical to the performances of intelligence tasks. Brain, 1973, 96, 715-728.
- Benson, D.F. & Barton, M.I.: Disturbances in constructional ability. Cortex, 1970, 6, 19-46.
- Benson, D.F. & Greenberg, J.P.: Visual form agnosia. Archives of Neurology, 1969, 20, 82-89.
- Benson, D.F., Segarra, J. & Albert, M.L.: Visual agnosia-prosopagnosia. Archives of Neurology, 1974, 30, 307-310.
- Benton, A.L.: Manuel du test de rétention visuelle: applications cliniques et expérimentales (2 ème ed.). Paris: Centre de Psychologie Appliquée, 1965.
- Benton, A.L.: Constructional apraxia and the minor hemisphere. Confinia Neurologica, 1967, 29, 1-16.
- Benton, A.L.: La praxie constructive tri-dimensionnelle. Revue de Psychologie Appliquée, 1968, 18, 64-68.
- Benton, A.L.: Disorders of spatial orientation. In: Vinken, P.J. & Bruyn, G.W. (Eds.): Handbook of Clinical Neurology. Vol. 3, Ch. 5, Amsterdam: North Holland, 1969a.
- Benton, A.L.: Constructional apraxia. Some unanswered questions. In: Benton, A.L. (Ed.): Contributions to clinical neuropsychology. Ch. 5, Chicago: Aldine, 1969b.
- Benton, A.L.: Visuoconstructive disability in patients with cerebral disease: Its relationship to side of lesion and aphasic disorder. Documenta Ophtalmologica, 1973, 34, 67-70.

- Benton, A.L., Hannay, H.J. & Varney, N.R.: Visual perception of line direction in patients with unilateral brain disease. Neurology, 1975, 25, 907-910.
- Benton, A.L. & Hécaen, H.: Stereoscopic vision in patients with unilateral cerebral disease. Neurology, 1970, 20, 1084-1088.
- Benton, A.L., Levin, H.S. & Varney, N.R.: Tactile perception of direction in normal subjects. Implications for hemispheric cerebral dominance. Neurology, 1973, 23, 1248-1250.
- Benton, A.L., Varney, N.R. & Hamsher, K. de S.: Visuospatial judgment: a clinical test. Archives of Neurology, 1978, 35.
- Berlucchi, G.: Cerebral dominance and interhemispheric communication in normal man. In: Schmitt, F.O. (Ed.): The Neurosciences: 3rd Study Program. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1973.
- Bischof, N.: Psychophysik der Raumwahrnehmung. In: Gottschaldt, K. von, Sander, F., Lersch, P. & Thomae, H. (Hrsg.): Handbuch der Psychologie. Band I, 1. Halbband, Göttingen: Hogrefe, 1966.
- Bogen, J.E.: The other side of the brain I: Dysgraphia and dysopia following cerebral commissurotomy. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies, 1969a, 34, 73-105.
- Bogen, J.E.: The other side of the brain II: An appositional mind. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies. 1969b, 34, 135-162.
- Bogen, J.E. & Bogen, G.M.: The other side of the brain III: The corpus callosum and creativity. Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies, 1969, 34, 191-220.

- Bogen, J.E., De Zure, R., Tenhonten, W.D. & Marsh, J.F.:
The other side of the brain IV: The A/P ratio.
Bulletin of the Los Angeles Neurological Societies,
1972, 37, 49-61.
- Bortner, M. & Birch, H.G.: Perceptual and perceptual-motor
dissociation in brain-damaged patients. Journal of
Nervous and Mental Disease, 1960, 130, 49-53.
- Brown, J.W.: Aphasia, apraxia and agnosia. Springfield:
Thomas, 1972.
- Bühler, K.: Die geistige Entwicklung des Kindes. Jena:
Fischer, 1918.
- Butters, N. & Barton, M.: Effect of parietal lobe damage on
the performance of reversible operations in space.
Neuropsychologia, 1970, 8, 205-214.
- Butters, N., Barton, M. & Brody, B.A.: Role of the right
parietal lobe in the mediation of cross-modal associations
and reversible operations in space. Cortex, 1970, 6,
174-190.
- Butters, N. & Brody, B.A.: The role of the left parietal lobe
in the mediation of the intra- and cross-modal associa-
tions. Cortex, 1968, 4, 328-343.
- Carmon, A. & Bechtoldt, H.P.: Dominance of the right cerebral
hemisphere for stereopsis. Neuropsychologia, 1969, 7,
29-39.
- Carmon, A. & Benton, A.L.: Tactile perception of direction
and number in patients with unilateral cerebral disease.
Neurology, 1969, 19, 525-532.

- Cattell, R.B.: The scree-test for the number of factors. Multivariate Behavioral Research, 1966, 1, 245-276.
- Chédru, F., Leblanc, M. & Lhermitte, F.: Visual searching in normal and brain-damaged subjects. Cortex, 1973, 9, 94-111.
- Cohen, G.: Hemispheric differences in serial versus parallel processing. Journal of Experimental Psychology, 1973, 97, 349-356.
- Collins, C.: Tactile vision synthesis. In: Sterling, T., Bering, E., Pollack, S. & Vaughan, H. (Eds.): Visual prosthesis; the interdisciplinary dialogue. New York: Academic Press, 1971.
- Colonna, A. & Faglioni, P.: The performance of hemispheric damaged patients on spatial intelligence tests. Cortex, 1966, 2, 293-307.
- Coltheart, M., Hull, E. & Slater, D.: Sex differences in imagery and reading. Nature, 1975, 253, 438-440.
- Costa, L.D., Vaughan, H.G. Jr., Hurwitz, M. & Ritter, W.: Patterns of behavioral deficit associated with visual spatial neglect. Cortex, 1969, 5, 242-263.
- Crowdson, J. & Zangwill, O.L.: A note on a tactual perception in a blind subject. British Journal of Psychology, 1940, 30, 224-229.
- Critchley, M.D.: Is developmental dyslexia the expression of minor cerebral damage? Clinical Proceedings of the Children's Hospital Washington D.C., 1966, 22, 213-222.
- Lee, H.L.: Visuoconstructive and visuoperceptive deficit in patients with unilateral cerebral lesions. Neuropsychologia, 1970, 8, 305-314.

- De Renzi, E. & Faglioni, P.: Il disorientamento spaziale da lesione cerebrale. Sistema Nervoso, 1962, 14, 409-436.
- De Renzi, E. & Faglioni, P.: The relationship between visuo-spatial impairment and constructional apraxia. Cortex, 1967, 3, 327-342.
- De Renzi, E., Faglioni, P. & Previdi, P.: Spatial memory and hemispheric locus of lesion. Cortex, 1977, 13, 424-433.
- De Renzi, E., Faglioni, P. & Scotti, G.: Tactile spatial impairment and unilateral cerebral damage. Journal of Nervous and Mental Disease, 1968, 146, 468-475.
- De Renzi, E., Faglioni, P. & Scotti, G.: Impairment of memory for position following brain damage. Cortex, 1969, 5, 274-284.
- De Renzi, E., Faglioni, P. & Scotti, G.: Hemispheric contribution to exploration of space through the visual and tactile modality. Cortex, 1970, 6, 191-203.
- De Renzi, E., Faglioni, P. & Scotti, G.: Judgment of spatial orientation in patients with focal brain damage. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1971, 34, 489-495.
- De Renzi, E. & Nichelli, P.: Verbal and non-verbal short-term memory impairment following hemispheric damage. Cortex, 1975, 11, 341-353.
- De Renzi, E. & Scotti, G.: The influence of spatial disorders in impairing tactual discrimination of shapes. Cortex, 1969, 5, 53-62.

- De Renzi, E., Scotti, G. & Spinnler, H.: Perceptual and associative disorders of visual recognition. Neurology, 1969, 19, 634-642.
- De Renzi, E. & Spinnler, H.: Visual recognition in patients with unilateral cerebral disease. Journal of Nervous and Mental Disease, 1966, 142, 515-525.
- De Renzi, E. & Vignolo, L.A.: The Token-Test: a sensitive test to detect receptive disturbances in aphasics. Brain, 1962, 85, 665-678.
- Dimond, S.J. & Beaumont, J.G. (Eds.): Hemisphere function in the human brain. London: Elek Science, 1974.
- Dorff, J.E., Mirsky, A.F. & Mishkin, M.: Effects of unilateral temporal lobe removals in man on tachistoscopic recognition in the left and right visual fields. Neuropsychologia, 1965, 3, 39-51.
- Eisenson, J.: Examining for aphasia. New York: The Psychological Corporation, 1954.
- Elkind, D. & Scott, L.: Studies in perceptual development I: the decentering of perception. Child Development, 1962, 33, 619-628.
- Ettlinger, G.: Sensory deficits in visual agnosia. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1956, 19, 297-307.
- Fontenot, D.D. & Benton, A.L.: Tactile perception of direction in relation to hemispheric locus of lesion. Neuropsychologia, 1971, 9, 83-88.
- Fontenot, D.D. & Benton, A.L.: Perception of direction in the right and left visual fields. Neuropsychologia, 1972, 10, 447-452.

- Franco, L. & Sperry, R.W.: Hemisphere lateralization for cognitive processing of geometry. Neuropsychologia, 1977, 15, 107-114.
- Frederiks, J.A.M.: The agnosias, disorders of perceptual recognition. In: Vinken, P.J. & Bruyn, G.W. (Eds.): Handbook of Clinical Neurology. Vol. 4, Amsterdam: North Holland, 1969.
- Gainotti, G.: Les manifestations de négligence et d'inattention pour l'hémispace. Cortex, 1968, 4, 64-91.
- Gainotti, G., Caltagirone, C. & Micheli, G.: Poor performance of right brain-damaged patients on Raven's coloured matrices: derangement of general intelligence or specific abilities? Neuropsychologia, 1977, 15, 675-680.
- Gainotti, G. & Tiacci, C.: Patterns of drawing disability in right and left hemispheric patients. Neuropsychologia, 1970, 8, 379-384.
- Geschwind, N.: Disconnection syndromes in animals and man. Part I. Brain, 1965, 88, 237-294.
- Geschwind, N.: Disconnection syndromes in animals and man. Part II. Brain, 1965, 88, 585-644.
- Geschwind, N. & Levitzky, W.: Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. Science, 1968, 161, 186-187.
- Ghent, L.: Perception of overlapping and embedded figures by children of different ages. In: Vernon, M.D. (Ed.): Experiments in visual perception. London: Penguin Books, 1970.
- Ghent, L. & Bernstein, L.: Influence of the orientation of geometric forms on their recognition by children. Perceptual and Motor Skills, 1961, 12, 95-101.

- Ghent, L., Weinstein, S., Semmes, J. & Teuber, H.L.: Effect of unilateral brain injury in man on learning of tactual discrimination. Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1955, 48, 478-481.
- Gloning, I., Gloning, K. & Hoff, H.: Neuropsychological symptoms in lesions of the occipital lobe and adjacent areas. Paris: Gauthier-Villars, 1968.
- Goodglass, H. & Kaplan, E.: The assessment of aphasia and related disorders. Philadelphia: Lea & Febiger, 1972.
- Harris, L.J.: Sex differences in spatial ability: possible environmental, genetic, and neurological factors. In: Kinsbourne, M. (Ed.): Asymmetrical function of the brain. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- Hartje, W. & Rixecker, H.: Der Recurring-Figures-Test von Kimura. Normierung an einer deutschen Stichprobe. Nervenarzt, 1978, 49, 354-356.
- Hatwell, Y.: La perception tactile des formes géométriques: perception et activité perceptive. Journal de Psychologie Normale et Pathologique, 1960, 57, 165-176.
- HAWIE: Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene. Die Messung der Intelligenz Erwachsener. Textband zum HAWIE. Deutsche Bearbeitung von Hardesty, A. & Lauber, H., Bern: Huber, 1964.
- Hebb, D.O.: The organization of behavior. New York: Wiley, 1949
- Hebb, D.O.: Distinctive features of learning in the higher animal. In: Delafresnaye, J.F. (Ed.): Brain mechanisms and learning. Oxford: Blackwell, 1961.

Hécaen, H.: Suggestions for a typology of the apraxias.

In: Simmel, M.I. (Ed.): The reach of the mind. Essays in memory of Kurt Goldstein. New York, 1968.

Hécaen, H. & Angelergues, R.: Pathologie du langage. Paris: Larousse, 1965.

Hécaen, H. & Assal, G.: A comparison of constructive deficits following right and left hemisphere lesions.
Neuropsychologia, 1970, 8, 289-303.

Hécaen, H., Goldblum, M.C., Maswe, M.C. & Ramier, A.M.:
Une nouvelle observation d'agnosie d'object.
Neuropsychologia, 1974, 12, 447-464.

Holst, E. von: Die Arbeitsweise des Statolithenapparates bei Fischen. Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 1950, 32, 60.

Hubel, D.H. & Wiesel, T.N.: Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex. Journal of Physiology, 1959, 148, 574.

Hubel, D.H. & Wiesel, T.N.: Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. Journal of Physiology, 1962, 160, 154-196.

Kail, R., Carter, P. & Pellegrino, J.: The locus of sex differences in spatial ability. Perception and Psychophysics, 1979, 26, 182-186.

Keogh, B.K. & Ryan, S.R.: Use of three measures and field organization with young children. Perceptual and Motor Skills, 1971, 33, 466.

Kerschensteiner, M., Poeck, K. & Lehmkuhl, G.: Die Apraxien. Aktuelle Neurologie, 1975, 2, 171-178.

- Kimura, D.: Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. Canadian Journal of Psychology, 1961, 15, 166-171.
- Kimura, D.: Right temporal lobe damage. Archives of Neurology. 1963, 8, 264-268.
- Kimura, D.: Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. Neuropsychologia, 1966, 4, 275-285.
- Kimura, D.: Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. Cortex, 1967, 3, 163-178.
- Kimura, D. & Durnford, M.: Normal studies on the function of the right hemisphere in vision. In: Dimond, S.J. & Beaumont, J.G. (Eds.): Hemisphere function in the human brain. London: Elek Science, 1974.
- Kinsbourne, M.: Asymmetrical function of the brain. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- Kinsbourne, M. & Warrington, E.K.: A disorder of simultaneous form perception. Brain, 1962, 85, 461-486.
- Köhler, W.: Dynamics in psychology. New York: Liveright, 1940.
- Lansdell, H.: Effect of extent of temporal lobe ablations on two lateralized deficits. Physiology and Behavior, 1968, 3, 271-273.
- Lehr, S., Daun, H. & Schmidt, R.: Eine Abwandlung des HAWIE-Wortschatztests als Kurztest zur Messung der Intelligenz Erwachsener. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1971, 214, 353-364.
- Leischner, A.: Die Psychiatrie der dominanten Hemisphäre. Nervenarzt, 1963, 34, 303-307.

- Levy-Agresti, J. & Sperry, R.W.: Differential perceptual capacities in major and minor hemispheres. Proceedings of the National Academy of Science U.S.A., 1968, 61, 1151.
- Levy, J. & Trevarthen, C.: Perceptual, semantic and phonetic aspects of elementary language processes in split-brain patients. Brain, 1977, 100, 105-118-
- Lissauer, H.: Ein Fall von Seelenblindheit nebst einem Beitrag zur Theorie derselben. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1889, 21, 222-270.
- Luria, A.R.: Disorders of simultaneous perception in a case of bilateral occipital-parietal brain injury. Brain, 1959, 82, 437-439.
- Luria, A.R.: Neuropsychological analysis of focal brain lesions. In: Wolman, B.B. (Ed.): Handbook of Clinical Psychology. New York: McGraw Hill, 1965.
- Luria, A.R.: Higher cortical functions in man. New York: Basic Books, 1966.
- Luria, A.R.: Memory disturbances in local brain lesions. Neuropsychologia, 1971, 9, 367-376.
- Maccoby, E.E. & Jacklin, C.N.: The psychology of sex differences. Stanford: Stanford University Press, 1974.
- Martin, M.: Hemispheric specialisation for local and global processing. Neuropsychologia, 1979, 17, 33-40.
- McFie, J.: The other side of the brain. Developmental Medicine and Child Neurology, 1970, 12, 514-515.
- McFie, J. & Zangwill, O.L.: Visual-constructive disabilities associated with lesions of the left cerebral hemisphere. Brain, 1960, 83, 243-260.

- Milner, B.: Laterality effects in audition. In: Mountcastle, B.B. (Ed.): Interhemispheric relation and cerebral dominance. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1962.
- Milner, B.: Some effects of frontal lobectomy in man. In: Warren, J.M. & Akert, K. (Eds.): The frontal granular cortex and behavior. New York: McGraw Hill, 1964.
- Milner, B.: Brain mechanisms suggested by studies of temporal lobes. In: Darley, F.L. (Ed.): Brain mechanisms underlying speech and language. New York: Grune & Stratton, 1967.
- Milner, B.: Memory and the medial temporal regions of the brain. In: Pribram, K.H. & Broadbent, D.E. (Eds.): Biology of memory. New York: Academic Press, 1970.
- Milner, B.: Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. British Medical Bulletin, 1971, 27, 272-277.
- Milner, B. & Taylor, L.: Right-hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy: evidence for nonverbal memory. Neuropsychologia, 1972, 10, 1-15.
- Mishkin, M.A.: A possible link between interhemispheric integration in monkeys and cerebral dominance in man. In: Mountcastle, V.B. (Ed.): Interhemispheric relation and cerebral dominance. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1962.
- Morf, M.E., Kavanaugh, R.D. & McConville, M.: Intratest and sex differences on a portable Rod-and-frame-test. Perceptual and Motor Skills, 1971, 32, 727-733.
- Mumenthaler, M.: Neurologie. Stuttgart: Thieme, 4.Aufl., 1973.

- Munsinger, H. & Gummermann, K.: Identification of form in patterns of visual noise. Journal of Experimental Psychology, 1967, 75, 81.
- Nebes, R.D.: Superiority of the minor hemisphere in commissurotomized man for the perception of part-whole relations. Cortex, 1971, 7, 333-349.
- Nebes, R.D.: Dominance of the minor hemisphere in commissurotomized man on a test of figural unification. Brain, 1972, 95, 633-638.
- Nebes, R.D.: Perception of dot pattern by the disconnected right and left hemisphere in man. Neuropsychologia, 1973, 11, 285-290.
- Nebes, R.D.: Hemispheric specialisation in commissurotomized man. Psychological Bulletin, 1974, 81, 1-14.
- Neisser, U.: Kognitive Psychologie. Stuttgart: Klett, 1974.
- Newcombe, F.: Missile wounds of the brain. London: Oxford University Press, 1969.
- Newcombe, F.: Selective deficits after focal cerebral injury. In: Dimond, S.J. & Beaumont, J.G. (Eds.): Hemisphere function in the human brain. London: Elek Science, 1974.
- Newcombe, F. & Russell, W.R.: Dissociated visual perceptual and spatial deficits in focal lesions of the right hemisphere. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1969, 32, 73-81.
- Ockleford, E.M., Milner, A.D., Dewar, W. & Sneddon, I.A.: Form perception in stump-tail macaques following posterior parietal and lateral frontal lesions. Cortex, 1977, 13, 350-360.

- Orgass, B., Poeck, K., Hartje, W. & Kerschensteiner, M.:
Zum Vorschlag einer Kurzform des Token-Test zur Auslese
von Aphasikern. Nervenarzt, 1973, 44, 93-96.
- Osterrieth, P.A.: Le test de copie d'une figure complexe.
Archives de Psychologie, 1944, 30, 206-256.
- Patterson, K. & Bradshaw, J.L.: Differential hemispheric
mediation of nonverbal visual stimuli. Journal of Experi-
mental Psychology: Human Perception and Performance, 1975,
1, 246-252.
- Perret, E.: Gehirn und Verhalten. Neuropsychologie des
Menschen. Bern: Huber, 1973.
- Piaget, J.: Les praxies chez l'enfant. Revue Neurologique,
1960, 102, 551-565.
- Piaget, J. & Inhelder, B.: La représentation de l'espace
chez l'enfant. Paris: Presses Universitaires de France,
1947.
- Piaget, J., Inhelder, B. & Szeminska, A.: La géométrie spon-
tanée chez l'enfant. Paris: Presses Universitaires de
France, 1948.
- Piercy, M., Hécaen, H. & Ajuriaguerra, J. de: Constructional
apraxia associated with unilateral cerebral lesions -
left and right sided cases compared. Brain, 1960, 83,
225-242.
- Pitblado, C.: Visual field differences in perception of the
vertical with and without a visible frame of reference.
Neuropsychologia, 1979, 17, 381-393.
- Poeck, K.: Neuropsychologische Symptome ohne eigenständige
Bedeutung. Aktuelle Neurologie, 1975, 2, 199-208.

- Poeck, K. & Orgass, B.: The concept of body schema: a critical review and some experimental results. Cortex, 1971, 7, 254-277.
- Poppelreuter, W.: Die psychischen Schädigungen durch Kopfschuss im Kriege 1914-16: Die Störungen der niederen und höheren Sehleistungen durch Verletzung des Okzipitalhirns. Leipzig: Voss, 1917.
- Ratcliff, G.: Spatial thought, mental rotation and the right cerebral hemisphere. Neuropsychologia, 1979, 17, 49-54.
- Rein, H. & Schneider, M.: Einführung in die Physiologie des Menschen. Berlin: Springer, 1956.
- Reitan, R.M.: A research program on the psychological effects of brain lesions in human beings. In : Ellis, N. (Ed.): International review of research in mental retardation. Vol. 1, New York: Academic Press, 1966.
- Rey, A.: L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. Archives de Psychologie, 1941, 28, 286-340.
- Rey, A.: Copie d'une figure complexe. Paris: Jouvenet, 1959.
- Rock, I.: Orientation and form. New York: Academic Press, 1973.
- Rohracher, H.: Einführung in die Psychologie. Wien: Urban & Schwarzenberg, 1964.
- Rubens, A. & Benson, D.F.: Associative visual agnosia. Archives of Neurology, 1971, 24, 305-316.
- Rudel, R.G. & Teuber, H.L.: Discrimination of direction of line in children. Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1963, 56, 892-898.

- Russo, M. & Vignolo, L.A.: Visual figure-ground discrimination in patients with unilateral cerebral disease. Cortex, 1967, 3, 113-127.
- SAS User's Guide (Statistical Analysis System).
Helwig, J.T. & Connail, K.A. (Eds.), SAS Institute Inc.,
Raleigh, North Carolina, Edition 1979.
- Schuell, H.: Differential diagnosis of aphasia with the Minnesota-Test. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1965.
- Semmes, J.: A non-tactual factor in astereognosis. Neuropsychologia, 1965, 3, 295-315.
- Semmes, J.: Hemispheric specialisation: a possible clue to mechanism. Neuropsychologia, 1968, 6, 11-26.
- Semmes, J., Weinstein, S., Ghent, L. & Teuber, H.L.: Spatial orientation in man after cerebral injury. I. Analysis by locus of lesion. Journal of Psychology, 1955, 39, 227-244.
- Semmes, J., Weinstein, S., Ghent, L. & Teuber, H.L.: Correlates of impaired orientation in personal and extra-personal space. Brain, 1963, 86, 747-772.
- Sipos, J. & Trägert, J.: Kurzverfahren zur Erfassung von aphasischen Störungen. Nervenarzt, 1972, 43, 207-211.
- Sullivan, E.T., Clark, W.W. & Tiegs, E.W.: California Test of Mental Maturity (CTMM), California Test Bureau, 1957.
- Talland, G.A.: Deranged memory, a psychonomic study of the amnesic syndrome. New York: Academic Press, 1965.
- Taylor, D.A.: Holistic and analytic processes in the comparison of letters. Perception and Psychophysics, 1976, 20, 187-190.

- Taylor, L.B.: Localization of cerebral lesions by psychological testing. Clinical Neurosurgery, 1969, 16, 269-287.
- Taylor, L.B.: Psychological assessment of neurosurgical patients. In: Rasmussen, T. & Marino, R. (Eds.): Functional neurosurgery. New York: Raven Press, 1979.
- Taylor, R.L.: Reading spatially transformed digits. Journal of Experimental Psychology, 1972, 96, 396-399.
- Taylor, A.M. & Warrington, E.K.: Visual discrimination in patients with localized cerebral lesions. Cortex, 1973, 4, 82-93.
- Teuber, H.L.: The riddle of frontal lobe function in man. In: Warren, J.M. & Akert, K. (Eds.): The frontal granular cortex and behavior. New York: McGraw Hill, 1964.
- Teuber, H.L.: Neglected aspects of the posttraumatic syndrome. In: Walker, A.E., Caveness, W.F. & Critchley, M. (Eds.): The late effects of head injury. Springfield, Ill.: Thomas, 1969.
- Teuber, H.L., Battersby, W.S. & Bender, M.B.: Performance of complex visual tasks after cerebral lesions. Journal of Nervous and Mental Disease, 1951, 114, 413-429.
- Teuber, H.L. & Mishkin, M.: Judgment of visual and postural vertical after brain injury. Journal of Psychology, 1954, 38, 161-175.
- Teuber, H.L. & Weinstein, S.: Performance on a formboard-task after penetrating brain injury. Journal of Psychology, 1954, 38, 177-190.
- Teuber, H.L. & Weinstein, S.: Ability to discover hidden figures after cerebral lesions. Archives of Neurology and Psychiatry, 1956, 76, 369-379.

- Thurstone, L.L.: Primary mental abilities. Psychometric Monographs, 1, Chicago: University of Chicago Press, 1938a.
- Thurstone, L.L.: The perceptual factor. Psychometrika, 1938b, 3, 1-17.
- Thurstone, L.L.: A factorial study of perception. Psychometric Monographs, 4, Chicago: University of Chicago Press, 1944.
- Thurstone, L.L. & Thrustone, T.G.: Chicago Tests of Primary Mental Abilities. Tests d'aptitude mentales primaires. Paris: Edition du centre de Psychologie appliquée, 1941a.
- Thurstone, L.L. & Thurstone, T.G.: Factorial studies of intelligence. Psychometric Monographs, 2, Chicago: University of Chicago Press, 1941b.
- Thurstone, T.G.: Manual for the Primary Mental Abilities. Chicago: Science Research Associates, 1958.
- Tzavaras, A., Hécaen, H. & Le Bras, H.: Le probleme de la spécificité du deficit de la reconnaissance du visage humain lors des lésions hémisphériques unilatérales. Neuropsychologia, 1970, 8, 403-416.
- Ueberla, K.: Faktorenanalyse. Berlin: Springer, 1971.
- Umiltà, C., Bagnara, S. & Simion, F.: Laterality effects for simple and complex geometrical figures and nonsense patterns. Neuropsychologia, 1978, 16, 43-49.
- Wada, J.(1969): zit. nach Geschwind, N.: The organisation of language and the brain. Science, 1970, 170, 940-944.
- Walsh, K.W.: Neuropsychology. A clinical approach. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1978.

- Warrington, E.K.: Constructional apraxia. In: Vinken, P.J. & Bruyn, G.W. (Eds.): Handbook of Clinical Neurology. Vol. 3, Ch. 4, Amsterdam: North Holland, 1969.
- Warrington, E.K. & James, M.: Disorders of visual perception in patients with localized cerebral lesions. Neuropsychologia, 1967a, 5, 253-266.
- Warrington, E.K. & James, M.: Tachistoscopic number estimation in patients with unilateral cerebral lesions. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 1967b, 30, 468-474.
- Warrington, E.K. & James, M.: An experimental investigation of facial recognition in patients with unilateral cerebral lesions. Cortex, 1967c, 3, 317-326.
- Warrington, E.K. & Rabin, P.: Perceptual matching in patients with cerebral lesions. Neuropsychologia, 1970, 8, 475-487.
- Warrington, E.K. & Shallice, T.: Neuropsychological evidence of visual storage in short-term memory tasks. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1972, 24, 30-40.
- Warrington, E.K. & Taylor, A.M.: The contribution of the right parietal lobe to object recognition. Cortex, 1973, 4, 152-164.
- Wechsler, D., Hardesty, A. & Lauber, H.: Die Messung der Intelligenz Erwachsener. Textband zum Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene. Bern: Huber, 1964.
- Weinstein, S.: Deficits concomitant with aphasia or lesions of either cerebral hemisphere. Cortex, 1964, 1, 151-169.
- Weinstein, S., Teuber, H.L., Ghent, L. & Semmes, J.: Complex visual test performance after penetrating brain injury in man. American Psychologist, 1955, 10, 408.

- White, M.J.: Visual hemifield differences in the perception of letters and contour orientation. Canadian Journal of Psychology, 1971, 25, 207-212.
- Witkin, H.A.: Individual differences in ease of perception of embedded figures. Journal of Personality, 1950, 19, 1-15.
- Witkin, H.A. & Asch, S.E.: Studies in space orientation: III. Perception of the upright in the absence of a visual field. Journal of Experimental Psychology, 1948, 38, 603-614.
- Witkin, H.A. & Asch, S.E.: Studies in space orientation: IV. Further experiments on perception of the upright with displaced visual fields. Journal of Experimental Psychology, 1948, 38, 762-782.
- Witkin, H.A., Dyk, R.B., Faterson, G.E., Goodenough, D.R. & Karp, S.A.: Psychological differentiation. New York: Wiley, 1962.
- Wydler, A. & Perret, E.: Neuropsychologische Erfassung der Stereopsis bei Hirngeschädigten. Nervenarzt, 1978, 49, 366-369.
- Yin, R.K.: Face recognition by brain-injured patients: a dissociable ability? Neuropsychologia, 1970, 8, 395-402.
- Zaidel, E.: Linguistic competence and related functions in the right cerebral hemisphere of man following commissurotomy and hemispherectomy. Doctoral Dissertation, California Institute of Technology, 1973.

L E B E N S L A U F

Am 1. September 1950 wurde ich in Aarau geboren. In Bannwil besuchte ich von 1956 bis 1959 die Primarschule und wechselte anschliessend an die Sekundarschule in Aarwangen. Danach besuchte ich das Gymnasium in Langenthal, wo ich im Herbst 1970 mit der Maturität Typus B abschloss. An der Universität Bern begann ich das Psychologiestudium, welches ich durch einen Semesteraufenthalt an der University of Sussex, England, unterbrochen habe. 1975 schloss ich das Studium an der Universität Bern mit dem Lizentiat im Hauptfach Psychologie (Prof. J. Bergold und Prof. M. von Cranach), 1. Nebenfach Physiologie (Prof. S. Weidmann) und 2. Nebenfach Psychopathologie (Prof. R. Wyss) ab. Ich arbeitete danach in einer psychiatrischen Praxis in Basel und anschliessend im Schulpsychologischen Dienst des Kantons Solothurn. Seit 1977 war ich klinischer und wissenschaftlicher Assistent in der Neuropsychologischen Abteilung der Neurologischen Universitätsklinik Zürich bei Prof. E. Perret.

